

**UNIVERSIDADE DE ÉVORA – ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

**MESTRADO DE EXERCÍCIO E SAÚDE**

Dissertação

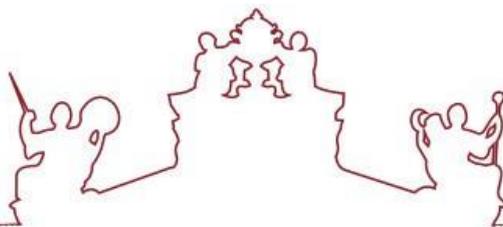
**Efeitos da Aplicação do Jogo Aball1 em Parâmetros de  
Aptidão Física, Cognitiva e de Saúde em Sujeitos Diabéticos  
Tipo 2**

MARCO PAULO DA FONSECA GONÇALVES

Orientador(es) | Armando Manuel Mendonça Raimundo  
José Francisco Filipe Marmeleira  
Pablo Tomás Carús

Évora 2020





**UNIVERSIDADE DE ÉVORA – ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

**MESTRADO DE EXERCÍCIO E SAÚDE**

Dissertação

**Efeitos da Aplicação do Jogo Aball1 em Parâmetros de  
Aptidão Física, Cognitiva e de Saúde em Sujeitos Diabéticos  
Tipo 2**

MARCO PAULO DA FONSECA GONÇALVES

Orientador(es) | Armando Manuel Mendonça Raimundo  
José Francisco Filipe Marmeleira  
Pablo Tomás Carús

Évora 2020



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Orlando de Jesus Semedo Mendes Fernandes (Universidade de Évora)

Vogais | Armando Manuel Mendonça Raimundo (Universidade de Évora) (Orientador)

José Alberto Frade Martins Parraça (Universidade de Évora) (Arguente)

“Uma vida sem desafios não vale a pena ser vivida.  
Transforma as pedras em que tropeças nas pedras da tua escada”

*Sócrates*

## **Agradecimentos**

Estes agradecimentos são destinados a todos aqueles que direta e indiretamente permitiram a concretização deste projeto.

Primeiramente queria agradecer a todas as pessoas que se prontificaram a fazer parte deste estudo, nomeadamente aquelas que participaram na intervenção com uma alegria contagiante, pois sem elas nada seria possível.

À ULS Guarda particularmente à Unidade de Cuidados na Comunidade de Gouveia e Unidade de Saúde de Gouveia por toda a disponibilidade, apoio e amabilidade dos profissionais que trabalharam diretamente comigo em todo este processo.

Aos meus orientadores Prof. Armando Raimundo, Prof. José Marmeleira e Prof. Pablo Carus, pelo apoio na consecução deste projeto, fortalecendo a ideia inicial, acompanhando de forma interessada a sua execução e auxiliando afincadamente todo este procedimento final de realização da dissertação.

Gostaria de gratificar todos os Professores que lecionaram este mestrado pela transmissão dos inúmeros conhecimentos, que foram fundamentais na feitura e execução desta tese.

Aos meus colegas de mestrado pela partilha, camaradagem e convívio, em especial ao Rodrigo Batalha, pois tenho a certeza que me ajudou a ser melhor...

Ao meu amigo Diogo Vicente Martinho por todo o apoio e auxílio, na elaboração e construção da análise estatística.

Trabalhar nesta área sempre foi um sonho e um objetivo de vida e tal só foi possível com o ânimo e a força das pessoas que mais contribuíram para todo este meu empenho e dedicação nesta tarefa, pois é por elas e para elas que tudo faz sentido. Um forte e sentido agradecimento para os meus Pais, com um carinho especial para a minha esposa Filipa Amaral, e para os meus mais que tudo Francisco Gonçalves e Maria Inês Gonçalves.

# Índice Geral

Agradecimentos .....	5
Índice Geral .....	6
Índice de Tabelas .....	8
Índice de Figuras .....	9
Abreviaturas.....	10
Resumo .....	12
Abstract.....	13
1. Introdução.....	14
2. Enquadramento Teórico .....	18
2.1 Diabetes Tipo 2 (DM2) .....	18
2.1.1 Definição .....	18
2.1.2 Fatores de Risco .....	18
2.1.3 Diagnóstico.....	19
2.1.4 Fisiopatologia .....	19
2.1.5 Complicações .....	21
2.1.6 Alterações associadas (com implicação na prescrição de EF) .....	21
2.2 Exercício e DM2 .....	25
2.2.1 Papel do EF no Tratamento da DM2.....	25
2.2.2 Efeitos / Benefícios do EF na DM2.....	26
2.3 Tipos de Treino .....	34
2.3.1 Treino Aeróbico (TA) .....	34
2.3.2 Treino de Força (TF).....	37
2.3.3 Treino Combinado (TC).....	44
2.3.4 Treino Multicomponente.....	45
2.3.5 HIIT (High-Intensity Interval Training).....	46
2.3.6 Outras Propostas.....	49
2.4 Comparação entre propostas de EF .....	51
2.4.1 Tipo de EF.....	51
2.4.2 Intensidade do EF.....	52
2.5 Exercício e Medicação na DM2 .....	55
2.6 Prescrição de Exercício na DM2.....	61
2.7 Principais Guidellines .....	64
2.8 Recomendações para a Prática de EF em Pessoas com DM2 .....	67
2.9 Aball 1 .....	68

3. Metodologia.....	71
3.1 Desenho do estudo .....	71
3.2 Amostra .....	71
3.3. Procedimentos .....	73
3.4 Instrumentos de Avaliação .....	75
3.4.1 Aptidão Relacionada com a Saúde.....	77
3.4.2 Capacidade Aeróbica.....	78
3.4.3 Composição Corporal.....	79
3.4.4 Força Muscular.....	81
3.4.5 Mobilidade Funcional .....	83
3.4.6 Testes Cognitivos .....	84
3.4.7 Autorelatados/Comportamentais .....	86
3.5. Análise Estatística .....	89
4. Resultados.....	90
4.1 Comparação entre grupo controle e grupo de intervenção.....	90
4.1.1 Aptidão Física .....	90
4.1.2 Qualidade de Vida.....	90
4.1.3 Cognitivos .....	92
4.2 Comparação do momento 1 ( <i>baseline</i> ) e momento 2 ( <i>follow-up</i> ) do grupo de intervenção .....	93
4.2.1. Aptidão Física .....	93
4.2.2 Qualidade de Vida.....	94
4.2.3 Testes Cognitivos .....	95
4.2.4 Autorrelato / Comportamentais .....	95
4.3 Relação entre a assiduidade e as variáveis autorrelato/comportamentais .....	97
5. Discussão.....	98
Limitações do Estudo.....	107
6. Conclusões.....	108
Sugestões para Trabalhos Futuro .....	108
Bibliografia.....	109
Anexos .....	139

## Índice de Tabelas

Tabela 1. Estatística descritiva (média±desvio padrão) e comparação (teste t-student) dos grupos de controle e de intervenção (no baseline), na idade, indicadores de tamanho corporal e testes funcionais.....	90
Tabela 2. Estatística descritiva (média±desvio padrão) e comparação dos grupos de controle e de intervenção (no baseline) para o impacto da diabetes na qualidade de vida.....	91
Tabela 3. Estatística descritiva (média±desvio padrão) e comparação (teste t-student) dos grupos de controle e de intervenção (no baseline) para a performance neurofisiológica.....	92
Tabela 4. Estatística descritiva (média±desvio padrão) e comparação do momento 1 (baseline) e momento 2 (follow-up) do grupo de intervenção para os indicadores de tamanho corporal e testes funcionais .....	93
Tabela 5. Estatística descritiva (média±desvio padrão) e comparação do momento 1 (baseline) e momento 2 (follow-up) do grupo de intervenção no impacto da diabetes na qualidade de vida .....	94
Tabela 6. Estatística descritiva (média±desvio padrão) e comparação (teste t-student) no momento 1 (baseline) e momento 2 (follow-up) no grupo de intervenção para a performance neurofisiológica .....	95
Tabela 7. Estatística descritiva (média±desvio padrão) do PACES após 41 sessões de intervenção. ....	96

## Índice de Figuras

Figura 1 - Relação entre o número de diabéticos e os custos diretos associados, a nível mundial.....	14
Figura 2 - Fisiopatologia da DM2.....	20
Figura 3 - Modificações crônicas neuromusculares e metabólicas básicas induzidas pelo treino aeróbico e de força em pessoas com DM2.....	27
Figura 4 - Sequência multifatorial de eventos na DM2.....	29
Figura 5 - Benefícios do Treino de Força em DM2.....	41
Figura 6 - Recomendações TF em DM2.....	43
Figura 7 - Medicação e EF na DM2.....	55
Figura 8 - Efeitos comparativos da metformina, exercício ou exercício com metformina nos resultados metabólicos.....	59
Figura 9 - Fases de avaliação e intervenção para otimização da prescrição de EF na DM2.....	62
Figura 10 - Recomendações para a prática de EF para Diabéticos Tipo 2.....	67
Figura 11 - Kit Aball 1.....	68
Figura 12 - Filosofia Aball 1.....	69
Figura 13 - Caracterização da Amostra.....	72
Figura 14 – Estrutura da Sessão.....	73
Figura 15 – Instrumentos de Avaliação.....	76
Figura 16 - Functional Reach Test.....	77
Figura 17 - Balança de Bioimpedância Tanita BC-601.....	79
Figura 18 - Dinamómetro Digital Jamar.....	81
Figura 19 - Teste Sentar e Levantar.....	82
Figura 20 - Teste de Flexão do Antebraço.....	83
Figura 21 – Teste Sentado, Caminhar 2,44 metros e voltar a sentar.....	84
Figura 22 - Relação entre a assiduidade e as variáveis de autorrelato /comportamentais.....	97

## **Abreviaturas**

ACR - Aptidão Cardiorrespiratória

ACSM - American College of Sports Medicine

ADA - American Diabetes Association

AF – Atividade Física

CCL - Comprometimento Cognitivo Leve

CDC - Centers for Disease Control and Prevention

CG – Controlo Glicémico

DCV – Doenças Cardio Vasculares

DGS -Direção Geral de Saúde

DM - Diabetes Mellitus

DM1 – Diabetes Tipo 1

DM2 - Diabetes Mellitus Tipo 2

DMG - Diabetes Mellitus Gestacional

EF – Exercício Físico

ESACA - Envelhecer em Segurança no Alentejo Compreender pra Agir

FC – Frequência Cardíaca

HbA1c – Hemoglobina Glicada

HDL - Lipoproteína de Alta Densidade

HIIT - High-Intensity Interval Training (Treino Intervalado de Alta Intensidade)

IDF - International Diabetes Federation

IL – Interleucinas

IMC – Índice de Massa Corporal

INE – Instituto Nacional de Estatística

LDL - Lipoproteína de Densidade Leve

MICT - Treino Contínuo de Intensidade Moderada

NO - Óxido Nítrico

OMS – Organização Mundial de Saúde

OND – Observatório Nacional de Diabetes

PAD - Pressão Arterial Diastólica

PAS - Pressão Arterial Sistólica

PCR - Proteína C Reativa

PIB – Produto Interno Bruto

QV – Qualidade de Vida

RM – Repetição Máxima

SI – Sensibilidade à Insulina

TA – Treino Aeróbico

TC – Treino Combinado/Concorrente

TF – Treino de Força

TG – Triglicerídeos

TMT - Trail Making Test

TNF- $\alpha$  - Fator de Necrose Tumoral Alfa

TUG – Time Up and Go

VFC - Variabilidade da Frequência Cardíaca

VO<sub>2</sub> – Volume de Captação de Oxigênio

VO<sub>2</sub>max - Consumo Máximo de Oxigênio

## Resumo

**Objetivo:** Estudar os efeitos da aplicação de um programa de exercícios utilizando o Aball1, como alternativa e/ou complemento às propostas de exercício convencionais de exercício físico (EF) em pessoas com Diabetes Tipo 2 (DM2).

**Metodologia:** A amostra deste estudo foi constituída numa fase final por 31 pessoas de ambos os sexos com DM2, subdivididas no grupo de intervenção com 15 ( $70,4 \pm 7,1$  anos) e no grupo controle com 16 participantes ( $68,8 \pm 10,8$  anos). O grupo de intervenção realizou um programa de EF multimodal baseado no jogo Aball1, durante 15 semanas, contabilizando 41 sessões de 45 minutos. A aptidão física foi avaliada por testes selecionados do *Senior Fitness Test* e do Manual de Avaliação Funcional para o Risco de Quedas em Pessoas Idosas do ESACA, dinamómetro manual, e com a impedância bioelétrica. A aptidão cognitiva foi avaliada com o Teste de Memória de Dígitos, *Trail Making Test* (TMT), Teste de Cores e Palavras *Stroop* e Tarefa de Tempo de Reação de *Deary-Liewald*. Para a avaliação da Qualidade de Vida foi utilizado o *Audit of Diabetes Dependent Quality of Life* (ADDQoL).

**Resultados:** Na pré intervenção não houve diferenças significativas entre o grupo de intervenção (GI) e o grupo de controle (GC). O GI no pós intervenção obteve melhorias significativas no Perímetro da Cintura ( $p < 0,05$ ), na Relação Cintura Anca ( $p < 0,05$ ), no Teste de Preensão Manual ( $p < 0,05$ ) no Sentar-Levantar ( $p < 0,05$ ), Caminhar 2,44 metros e voltar a sentar ( $p < 0,001$ ), no Teste de Caminhar 6 minutos ( $p < 0,001$ ), na percepção da QV atual ( $p < 0,05$ ), no TMT B ( $p < 0,05$ ), e nos Testes de Memória ( $p < 0,01$ ). Os valores obtidos no questionário de satisfação na prática (PACES) foram próximos dos valores máximos possíveis.

**Conclusão:** O Aball 1 parece ser uma alternativa e/ou complemento às propostas de EF convencionais, com resultados positivos sobre padrões de aptidão funcional e cognitivos em pessoas com DM2, que permitem melhorias de saúde adjacentes assinaláveis. Revelou ser uma estratégia motivante e divertida, que pode ter impactos positivos na adesão, assiduidade, e diminuição de abandono da prática de EF.

**Palavras-chave:** Diabetes Mellitus Tipo 2; Aball 1; Exercício Físico; Aptidão Física; Aptidão Cognitiva; Satisfação na Prática.

## **Abstract**

### **EFFECTS OF THE ABALL 1 GAME APPLICATION ON PHYSICAL, COGNITIVE AND HEALTH FITNESS PARAMETERS IN TYPE 2 DIABETIC SUBJECTS**

**Objective:** To study the effects of applying an exercise program using Aball1, as an alternative and/or complement to the conventional exercise proposals for physical exercise (PE) in people with Type 2 Diabetes (DM2).

**Methodology:** The sample of this study was constituted in a final phase by 31 people of both sexes with DM2, subdivided in the intervention group with 15 ( $70.4 \pm 7.1$  years) and in the control group with 16 participants ( $68.8 \pm 10, 8$  years). Those who participated in the intervention, performed a multimodal PE program based on the Aball1 game, for 15 weeks, counting 41 sessions with 45-minute. Physical fitness was assessed by some tests selected from the Senior Fitness Test and the Functional Assessment Manual for the Risk of Falls in the Elderly at ESACA, a manual dynamometer, and bioelectrical impedance. Cognitive fitness was assessed using the Digit Memory Test, Trail Making Test (TMT), Stroop Color and Word Test and Deary-Liewald reaction time task. For the assessment of Quality of Life, the Audit of Diabetes Dependent Quality of Life (ADDQoL) was used.

**Results:** In the pre-intervention there were no significant differences between the intervention group (IG) and the control group (CG). The follow-up intervention group achieved significant improvements in the Waist Circumference ( $p < 0,05$ ), Hip Waist Ratio ( $p < 0,05$ ), in the Manual Grip Test ( $p < 0,05$ ), Chair Stand Test ( $p < 0,05$ ), Time Up and Go Test (TUG) ( $p < 0,01$ ), in the 6-minute walk ( $p < 0,01$ ), in the perception of the current QOL ( $p < 0,05$ ), in the TMT B ( $p < 0,05$ ), and in the Memory Tests (digit range) ( $p < 0,01$ ). The values obtained in Physical Activity Enjoyment Scale (PACES) were close to the maximum possible values.

**Conclusion:** Aball 1 seems to be an alternative and / or complement to the conventional PE proposals, with positive results on functional and cognitive fitness patterns in people with DM2, which allow notable adjacent health improvements. It proved to be a motivating and fun strategy, which can have positive impacts on adherence, attendance, and decrease the abandonment of PE practice.

**Keywords:** Type 2 Diabetes Mellitus; Aball 1; Physical Exercise; Functional Physical Fitness; Functional Cognitive Fitness; Satisfaction in Practice

## 1. Introdução

A diabetes mellitus (DM) é uma epidemia considerada como um dos problemas mais graves de saúde pública, com custos humanos, sociais e económicos preocupantes (Center for Disease Control and Prevention, 2020). A International Diabetes Federation (IDF) no seu relatório mais recente estima que 463 milhões de adultos da população mundial tenha diabetes, o equivalente a 9,3% de toda a população adulta dos 20 aos 79 anos. Prevê-se que chegue a mais de 500 milhões em 2030 (Whiting, Guariguata, Weil, & Shaw, 2011), e a cerca 700 milhões em 2045 (Cho et al., 2018). Este aumento na prevalência de DM em todo o mundo é fruto de uma complexa interação de fatores socioeconómicos, demográficos, ambientais e genéticos. O crescimento deve-se, em grande parte, a um aumento da diabetes tipo 2 (DM2) e a fatores de risco relacionados, que incluem níveis crescentes de obesidade, dietas não saudáveis e inatividade física generalizada (IDF, 2019). Os gastos anuais diretos associados ao seu tratamento e complicações foi de 548 biliões de dólares em 2013 (IDF, 2013) com um aumento para 760 biliões de dólares em 2019 (figura 1), o equivalente a 10% do total dos custos mundiais em saúde (IDF, 2019).

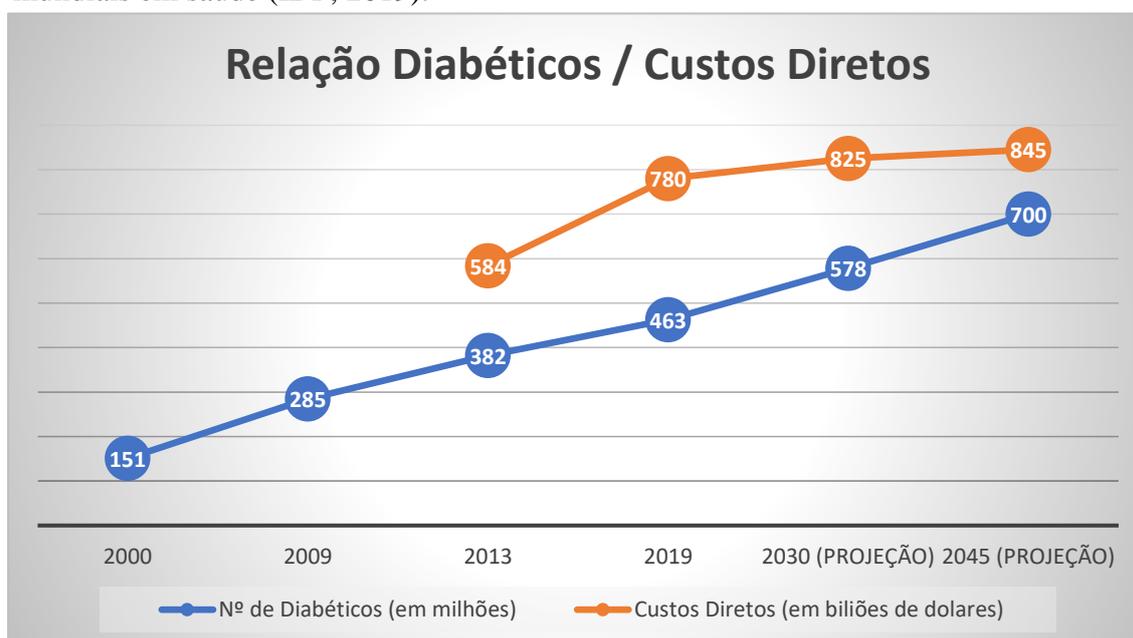


Figura 1 – Relação entre o número de diabéticos e os custos diretos associados, a nível mundial (IDF, 2013, 2019)

A DM é definida como uma doença crónica e metabólica, que está relacionada a outras complicações para o sistema humano, como doenças cardiovasculares, problemas renais, danos nas ramificações nervosas, problemas oculares, complicações orais, ou obesidade (World Health Organization, 2016).

Em Portugal, a prevalência até 2015 era de 13,3% (mais de um milhão de portugueses), 7,5% diagnosticada e 5,8% não diagnosticada, sendo a sua maioria entre a faixa etária dos 60-79 anos (Observatório Nacional de Diabetes, 2016). O custo direto associado à patologia estima-se que tenha sido entre 1300 e 1550 milhões de euros em 2015, o que representa 0,7 a 0,9 do PIB português desse mesmo ano (OND, 2016). Foi responsável em 2018 por 3,8% da mortalidade em Portugal, tendo chegado a ser de 4,5% em 2012, quando em 1981 era apenas de 1,2% (Pordata, 2020). A mortalidade é maior entre as mulheres, contudo a idade média ao óbito é mais baixa nos homens (Instituto Nacional de Estatística, 2015).

A DM2 é aquela que apresenta um maior número de casos clinicamente reconhecidos afetando 8,3% dos adultos, cerca de 463 milhões de pessoas, prevendo-se que este número seja de 592 milhões em menos de 25 anos, o equivalente a 3 novos caso a cada 10 segundos, ou seja, 10 milhões por ano (Hernández, Martínez, 2017). Globalmente, cerca de 1 em cada 11 adultos tem DM (Zheng, Ley, & Hu, 2018), e cerca de 90 a 95% da totalidade de diabéticos são DM2 (American Diabetes Association, 2018). Cerca de 374 milhões de pessoas correm um risco maior de desenvolver DM2 (IDF, 2019).

Em Portugal, o mais recente Relatório Anual do Observatório Nacional da Diabetes (2016), faz uma caracterização pormenorizada sobre a população diabética com conclusões “assustadoras”, mas ou mesmo tempo reveladoras da importância que a atividade física (AF) e o exercício físico (EF) podem ter no tratamento da patologia. Baseado nos valores recolhidos em diferentes consultas registadas de serviços de saúde públicos, cerca de 90% da população diabética apresentou excesso de peso (49,2%) ou obesidade (39,6%). Apenas 40% apresentavam valores de pressão arterial em parâmetros considerados normais, cerca de 45% apresentavam dislipidemia, e 50% apresentavam valores de hemoglobina glicada (HbA1c) acima de 6,5% e uns preocupantes 20% acima de 8%. Todos estes fatores levam a estimar que a doença pode levar a uma perda de 8,5 anos de vida.

Atendendo aos factos, inúmeras organizações mundiais têm tentado implementar programas para prevenir e controlar os problemas associados a esta patologia onde a promoção e incentivo da atividade física têm um papel fundamental. Em Portugal temos um longo caminho a percorrer, no entanto a criação do Programa Nacional para a Promoção da Atividade Física pela DGS e programas como o “Diabetes em Movimento” (<https://diabetesemmovimento.wordpress.com/>), já é um primeiro passo a ser destacado.

A redução dos problemas de saúde causados pela diabetes poderia melhorar a qualidade de vida e diminuir os custos de saúde causados pela doença (Bottomley, 2008). O sedentarismo e os baixos níveis de AF, associados a uma capacidade cardiorrespiratória mais baixa, contribuem de forma significativa para o aparecimento e aumento da gravidade dos problemas de saúde na DM2 (Lavie, et.al, 2014). No sentido contrário a atividade física tem uma importante contribuição na prevenção e redução da DM2 (American Diabetes Association, 2018).

A maioria dos pacientes com DM2 não é ativa dentro dos níveis recomendados, e muitos não têm acesso a programas de mudança de comportamento para apoiar a mudança de estilo de vida (Tate, Lyons, & Valle, 2015). Estudos realizados em Portugal, indicam que 60% dos pacientes com DM2 não participam regularmente em nenhum tipo de AF e os 40% que referem ser ativos, maioritariamente apenas realizam caminhadas (Mendes, et. al, 2016, Mendes, et. al 2013).

A prática de EF para os diabéticos ainda demonstra ter inúmeras barreiras, desde da falta de tempo, da falta de motivação, dificuldade de participação, entre outros motivos (Thomas, Alder, & Leese, 2004). O Aball 1 poderá ser um fator positivo na consecução de objetivos pretendidos, pois revela ser uma proposta diferente, motivadora e abrangente. Este jogo surgiu na Noruega em contexto escolar de forma a permitir a crianças e jovens diferentes aprendizagens através da prática de atividade física com bolas contendo letras e números (Aball 1 n.d.). Esta metodologia possibilita realizar um trabalho multimodal, onde variadas capacidades poderão ser elaboradas em conjunto e de variadas formas, desde de trabalho aeróbico, anaeróbico, de força resistente, de equilíbrio, de agilidade, de solicitações motoras diversas isoladas, compostas, simples, complexas, em conjunto com tarefas cognitivas, com uma forte componente de socialização, sempre associado a uma vertente lúdica.

Atendendo a estes factos, pelo seu potencial e pelo défice de informação acerca deste jogo, este estudo visou analisar a aplicação do Aball 1 em indivíduos com DM2, como alternativa e/ou complemento às propostas de EF tradicionais. Este programa de intervenção de exercício focou o seu trabalho em variantes como a estimulação cognitiva, equilíbrio, agilidade, trabalho cardio respiratório e força muscular. Utilizou metodologias, estratégias e materiais associados ao jogo, durante 15 semanas, 3 vezes por semana, em períodos de 45 minutos.

No final da intervenção pretendeu-se avaliar os efeitos em diferentes valências do ser humano da utilização deste jogo como instrumento com aplicabilidade cognitiva,

motora, física e psicossocial na DM2. Segundo os seus autores, o Aball 1 é uma ferramenta educacional inovadora que permite o aumento da atividade física em conjunto com o aumento da numeracia, literacia e inclusão social. Atendendo às características do jogo, pelo facto do mesmo não ter sido alvo de nenhuma validação científica, e em função das características do mesmo, tencionou-se estudar este instrumento como co-adjuvante terapêutico na DM2, em diferentes valências.

Sendo assim e resumidamente, os objetivos iniciais para a elaboração deste estudo foram:

### **Objetivos Gerais**

- Estudar o Aball 1 como programa de exercício físico alternativo e/ou complementar às propostas de exercício convencionais de EF para pessoas com DM2.
- Perceber que alterações existem, com a intervenção de um programa de exercício multicomponente lúdico, em capacidades físicas, fisiológicas, cognitivas e psicossociais em pessoas com DM2.

### **Objetivos Específicos**

- Compreender os efeitos da aplicação de um programa de exercícios usando o Aball 1 na capacidade cardio respiratória, força muscular, equilíbrio, composição corporal, funcionalidade, desempenho cognitivo e satisfação na prática em diabéticos tipo 2.
- Percecionar se pessoas com DM2 melhoram a sua qualidade de vida com esta proposta de atividade física.
- Reconhecer se o Aball 1 é uma atividade aceite e motivante para esta população, podendo ser uma estratégia de trabalho na prescrição de exercício na DM2.

## **2. Enquadramento Teórico**

### **2.1 Diabetes Tipo 2 (DM2)**

#### **2.1.1 Definição**

A DM é o mais comum de todos os distúrbios endócrinos. O nome deste transtorno é derivado da palavra grega diabetes, que significa "sifão" ou "transbordando", uma referência ao volume de urina potencialmente elevado que pode acompanhar a doença. A palavra latina mellitus, que significa "mel", foi adicionada ao nome quando os médicos começaram a fazer o diagnóstico da DM com base no sabor doce da urina do paciente. A doença foi descrita como um estado de "fome" num meio de abundância. Ou seja, embora exista bastante açúcar no sangue, sem a ação adequada da insulina, o açúcar não chega às células que precisam dele para obter energia. A glicose, é a principal fonte de energia para muitas funções vitais. Privadas de glicose, as células morrem de fome e os tecidos começam a degenerar. A glicose que não é utilizada acumula-se na corrente sanguínea, o que leva a uma série de complicações secundárias (Klandorf, Stark, 2019).

A DM2 produz-se por uma falha na secreção de insulina, contextualizada numa resistência a essa mesma insulina (Hurtado, 2017). Resulta de uma combinação da incapacidade das células musculares em responder adequadamente à insulina (resistência à insulina) e secreção compensatória inadequada de insulina (Colberg et al., 2010). A DM2 constitui cerca de 90-95% dos casos de diabetes (IDF, 2019). Em termos epidemiológicos, é importante considerar que 80-86% das pessoas com DM2 estão com sobrepeso ou obesidade (Domínguez, Garnacho-Castaño, & Maté-Muñoz, 2016). Inclui-se nesta categoria pacientes que, apresentam resistência à insulina, e algum grau de deficiência na sua produção. Na fase inicial da patologia não é necessária a administração de insulina no tratamento, no entanto com a sua evolução e com a deficiência na sua produção, pode vir a precisar da insulina exógena para controle (Hurtado, 2017).

#### **2.1.2 Fatores de Risco**

Podemos dividir os fatores de risco de desenvolver DM2 em dois grupos, os não modificáveis e os modificáveis. No primeiro grupo podemos enquadrar a idade, antecedentes de DM2 em familiares de primeiro grau, antecedentes de diabetes mellitus gestacional (DMG) e síndrome de ovário poliquístico. Dos fatores modificáveis fazem parte a obesidade, sedentarismo, tabaquismo, padrões alimentares, condicionantes clínicas associadas a um maior risco de DM2 como a hipertensão, dislipidemia com

triglicéridos altos e HDL baixos, fármacos, desordens na regulação da glicose e outros como nascimento prematuro e amamentação materna (Candela, 2017).

### **2.1.3 Diagnóstico**

Atualmente para se diagnosticar a DM segue-se como recomendação um(s) destes critérios: 1) valor de hemoglobina glicada (HbA1c) ser igual ou superior a 6,5%; 2) glicose plasmática em jejum ser maior ou igual a 126 mg.dL (7,0 mmol.L); 3) a glicose plasmática de 2 h > 200 mg.dL (11,1 mmol.L) durante um teste de tolerância à glicose oral usando 75 g de glicose; e/ou 4) sintomas clássicos de hiperglicemia (por exemplo, poliúria, polidipsia e perda de peso inexplicada), ou crise hiperglicêmica com uma glicose plasmática aleatória de 200 mg.dL (11,1 mmol.L) ou superior. Na ausência de hiperglicemia inequívoca, os três primeiros critérios devem ser confirmados repetindo os testes (ADA, 2019; Colberg et al., 2010).

### **2.1.4 Fisiopatologia**

O desequilíbrio calórico, promovido pelo nosso ambiente moderno e tóxico, resulta no acumular de gordura ectópica no fígado e nos músculos esqueléticos, que impede a ação da insulina nesses tecidos (Samuel, Shulman, 2016). Este facto leva a uma cascata de acontecimentos (figura 2) que se vão complementando, e ao mesmo tempo alterando comportamentos fisiológicos que levam à DM2. Enquanto a insensibilidade à insulina é um fenómeno precoce parcialmente relacionado à obesidade, o funcionamento das células  $\beta$  do pâncreas diminui gradualmente ao longo do tempo, já antes do início da hiperglicemia clínica. A fisiopatologia da DM2 é caracterizada por uma resistência periférica à insulina, regulação deficiente da produção hepática de glicose e diminuição da função das células  $\beta$  do pâncreas, eventualmente levando à falência dessas células  $\beta$  (Mahler & Adler, 1999).

Vários mecanismos foram propostos, incluindo o aumento de ácidos gordos não esterificados, citocinas inflamatórias, adipocinas e disfunção mitocondrial para o aparecimento da resistência à insulina, além de glucotoxicidade, lipotoxicidade (Stumvoll, Goldstein, & Van Haeften, 2005).

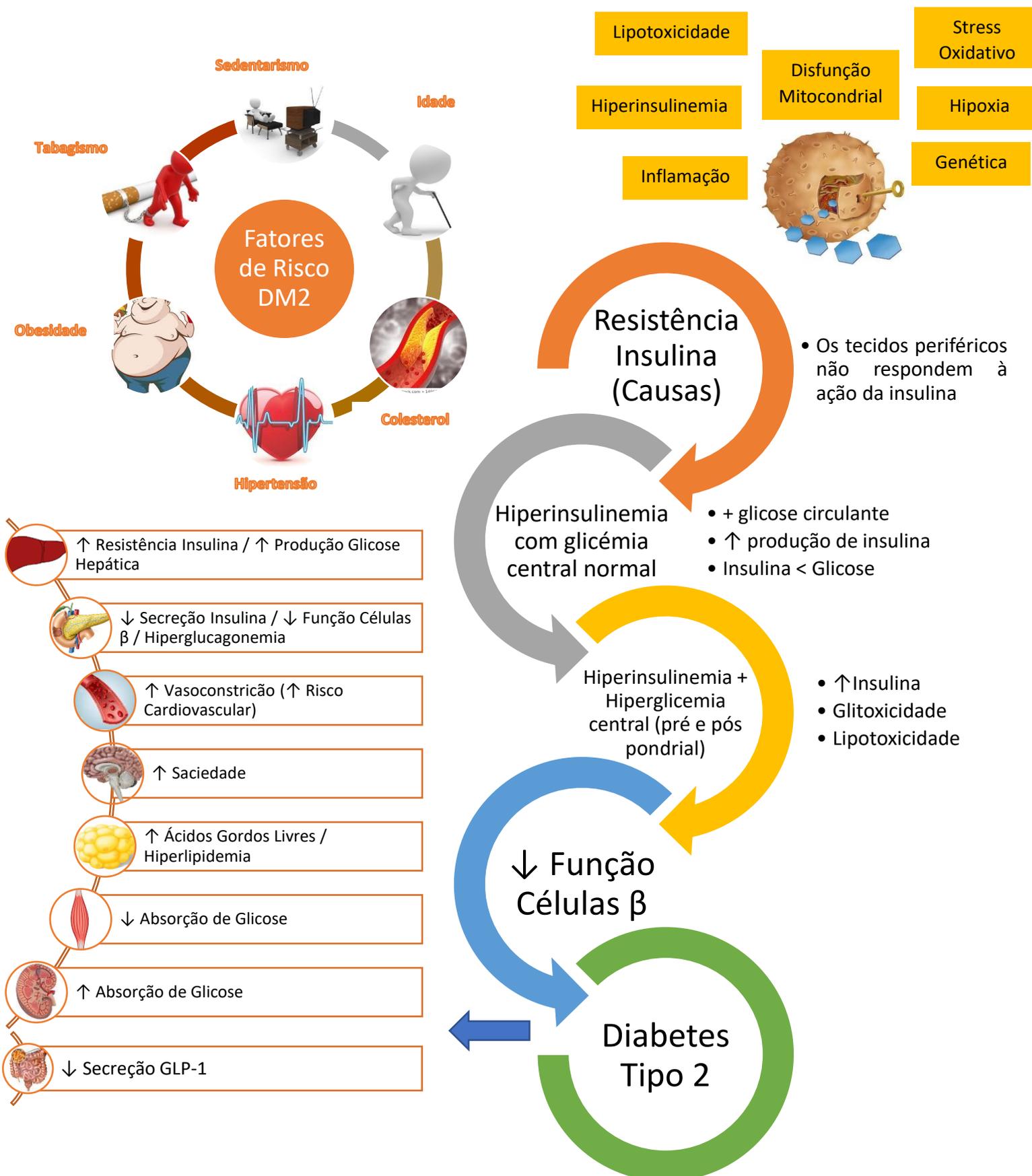


Figura 2 - Fisiopatologia da DM2  
(adaptado de Ortega, Veledo, 2016, Pratley, 2013, Cornell, 2015)

### **2.1.5 Complicações**

A DM2 acarreta consigo uma série de complicações que estão adjacentes a alterações correspondentes à própria patologia. Podemos subdividir em aguda e crônicas.

As complicações agudas são a hiperglicemia e a hipoglicémia. A hiperglicemia ocorre quando existem valores elevados de glicose na corrente sanguínea, manifestam-se por diabetes descontrolados, cetoacidose diabética (ocorre quando o corpo produz altos níveis de ácidos no sangue chamados cetonas) e estado hiperglicêmico hiperosmolar.

A hipoglicémia, acontece quando existem valores baixo de glicémia no sangue (abaixo de 60-70 mg.dl), e normalmente acontece por toma excessiva de insulina ou antidiabéticos orais, pouca ingestão de hidratos de carbono, a não realização de refeições, e excessiva ou desadequada pratica de EF (Albright, 2013).

Dentro das complicações crônicas, temos os problemas cardiovasculares, nefropatia diabética, neuropatia diabética, retinopatia diabética e complicações orais. Todas estas complicações estão associadas as diferentes patologias que têm o condão de diminuir a qualidade de vida do diabético (IDF, 2019). Estas consequências fazem com que a DM2 duplique o risco de mortalidade e quadruplique o risco de sofrer uma doença cerebrovascular (Domínguez et al., 2016).

### **2.1.6 Alterações associadas (com implicação na prescrição de EF)**

Pessoas com DM2 revelam mudanças fisiológicas, fruto da patologia, denotando respostas alteradas ao exercício que é importante conhecer e compreender, de forma a desenhar programas de intervenção terapêutica com o exercício, com o intuito de ajudar estes pacientes a reduzir muitos dos riscos associados à doença. Outras alterações associadas à DM2 que acarretam efeitos prejudiciais em diferentes componentes, desde físicas, cognitivas, funcionais e sociais, têm no exercício um enorme aliado na minimização desta cascata negativas adjacente à patologia.

#### **2.1.6.1 Capacidade Cardiorrespiratória**

A DM2 promove a perda da aptidão cardiorrespiratória e a tolerância ao exercício acentuando a resposta da pressão arterial durante o exercício. Reduz o VO<sub>2</sub>máx. em média de 12 a 15%, e induz uma maior desaceleração da resposta dinâmica do VO<sub>2</sub> pulmonar durante o exercício submáximo. A vasodilatação máxima durante as contrações envolvendo grupos musculares é reduzida pela DM2, e a resposta dinâmica da vasodilatação durante as contrações submáximas é reduzida. Essa restrição vascular

provavelmente contribui para a hipertensão ao esforço, e prejudica as respostas dinâmicas e do VO<sub>2</sub>máx., reduzindo a tolerância ao exercício. As respostas cardiovasculares e de captação de oxigênio (VO<sub>2</sub>) são de enorme importância na DM2, dadas as relações fisiológicas entre elas, e a importância do VO<sub>2</sub> na tolerância ao exercício, na aptidão cardiorrespiratória e mortalidade (Green, Egaña, Baldi, Lamberts, & Regensteiner, 2015). Inúmeras evidências sugerem uma forte relação inversa entre a AF e a aptidão cardiorrespiratória, e a mortalidade em pacientes com DM2 (Lavie, C. et. al 2014).

Um aumento na capacidade cardiorrespiratória melhora os fatores de risco cardiovascular e metabólico independentemente do peso corporal na DM2. A interação entre a capacidade cardiorrespiratória e a sensibilidade à insulina parece ser mediada pelo conteúdo lipídico hepático, e não pela quantidade de gordura total, visceral, subcutânea ou intramiocelular, sendo a atividade física regular um fator de melhoria de todos estes parâmetros (Haufe et al., 2010; Myers, Kokkinos, & Nyelin, 2019).

#### **2.1.6.2 Disfunção Neuromuscular**

A DM2 está associada a uma deterioração da função e desempenho neuromusculares, o que pode levar a graves limitações funcionais e perda de independência. Uma deterioração acentuada e acelerada da função neuromuscular afeta pacientes diabéticos desde os estágios iniciais da doença. Como resultado, esses indivíduos experimentam uma redução na força, potência e qualidade muscular, que afeta os membros superiores e principalmente os inferiores. Outro efeito na função neuromuscular é a redução da resistência muscular, que também parece afetar os membros superiores e inferiores (Orlando, Balducci, Bazzucchi, Pugliese, & Sacchetti, 2016).

#### **2.1.6.3 Musculares**

A DM2 é acompanhado por um aumento do estado inflamatório que contribuirá para diminuir a massa muscular (o principal reservatório de glicogênio do corpo) (Domínguez et al., 2016). Na DM2 o músculo esquelético é um importante local de resistência à insulina, sendo este facto associado à disfunção mitocondrial, e ao comprometimento da oxidação dos ácidos gordos. Algumas hormonas como a insulina, a leptina, e a adiponectina têm efeitos positivos na bioenergética mitocondrial muscular, e das conclusões mais interessantes da investigação científica, é que a tentativa de utilização destas hormonas de forma exógena não obteve resultados significativos (Aguer

& Harper, 2012), apenas a produção endógena revela esses mesmos benefícios, e o exercício físico estimula essa mesma produção (Becic, Studenik, & Hoffmann, 2018).

Há evidências para uma ligação entre disfunção mitocondrial e a resistência à insulina no músculo esquelético humano, mesmo antes do desenvolvimento de obesidade e hiperglicemia. A intervenção combinada de atividade física, perda de peso e tratamento com sensibilizadores de insulina melhora a função mitocondrial em indivíduos com DM2 e obesidade, mostrando que, pelo menos até certo ponto, esse defeito pode ser revertido (Højlund, Mogensen, Sahlin, & Beck-Nielsen, 2008).

Pessoas idosas com DM2 mostram um declínio acelerado da massa magra das pernas, força muscular e capacidade funcional quando comparados aos controles normoglicêmicos. É evidente que programas de intervenção com exercícios de força muscular projetados para prevenir e/ou tratar a sarcopenia devem fazer parte de um plano multidisciplinar de intervenção em idosos com DM2 (Leenders et al., 2013). O aumento da prevalência de sarcopenia e desnutrição na velhice está associado ao fenótipo característico da DM, da fragilidade e da incapacidade (Abdelhafiz & Sinclair, 2015).

Comparados com indivíduos não diabéticos, as pessoas com diabetes apresentam diminuição da força muscular das extremidades inferiores. O envelhecimento promove uma perda acelerada de força muscular em pacientes com DM. A perda gradual de força muscular está relacionada à presença e gravidade da neuropatia diabética. A nefropatia diabética também pode ser um fator que contribui para a perda de força muscular, porque a diminuição da massa muscular esquelética é uma característica da doença renal em estágio terminal. (Nomura, Kawae, Kataoka, & Ikeda, 2018).

#### **2.1.6.5 Composição Corporal**

Características da composição corporal parecem ter influência sobre a capacidade de consumo de oxigênio em diabéticos tipo 2 destreinados, que usualmente apresentam maior perímetro abdominal, maior quantidade de gordura muscular esquelética e menores níveis de HDL, estando estes parâmetros relacionados com uma menor aptidão cardiorrespiratória (Bacchi et al., 2014).

#### **2.1.6.8. Cognitivas**

O comprometimento cognitivo leve (CCL) pode ocorrer vários anos antes do diagnóstico clínico de demência. Estudos epidemiológicos sugerem que o CCL pode ser

uma das muitas complicações observáveis em idosos com DM2. A DM2 duplica o risco de demência (Gao et al., 2015).

A DM2 provoca um declínio cognitivo. Idosos com DM2 mostraram maiores sintomas depressivos e de ansiedade do que os não diabéticos (Lopes, Argimon, 2009). Pacientes diabéticos de meia idade apresentam maior declínio cognitivo do que indivíduos sem diabetes (Nooyens, Baan, Spijkerman, & Monique Verschuren, 2010). Evidências epidemiológicas mostram uma relação entre comprometimento cognitivo e a DM2 (Areosa Sastre, Vernooij, González-Colaço Harmand, & Martínez, 2017). Num estudo com uma amostra baixa, conclui-se que coexistência de hipertensão com DM2 aumenta ainda mais esse risco (Hazari, Ram Reddy, Uzma, & Santhosh Kumar, 2015).

A fisiopatologia exata da disfunção cognitiva na diabetes não é completamente compreendida, mas é provável que a hiperglicemia, doença vascular, hipoglicemia e resistência à insulina desempenhem papéis significativos (Kodl & Seaquist, 2008). Em estudos epidemiológicos, a DM parece ser um fator de risco para todos os tipos de demência, incluindo demência vascular. Os possíveis mecanismos de alterações cognitivas são múltiplos e podem diferir de acordo com a faixa etária e a duração da DM (Bourdel-Marchasson, Lapre, Laksir, & Puget, 2010). A DM2 é geralmente diagnosticada numa idade mais avançada e é comumente associada à obesidade, resistência à insulina, hipertensão e dislipidemia, os quais podem ter um impacto negativo no cérebro (Moheet, Mangia, & Seaquist, 2015).

A fisiopatologia do comprometimento cognitivo diabético é complexa, mas é provável que envolva a perda de efetividade na sinalização insulínica, aumento das vias de stress inflamatório e oxidativo, e defeitos no metabolismo e regulação do metabolismo mitocondrial. (Zilliox, Chadrsekaran, Kwan, & Russell, 2016). Níveis mais elevados de HbA1c estão associados à menor função cognitiva em indivíduos com DM2. Estratégias para diminuir os níveis de HbA1C ou impedir seu aumento podem afetar favoravelmente a função cognitiva (Cukierman-Yaffe et al., 2009).

## **2.2 Exercício e DM2**

### **2.2.1 Papel do EF no Tratamento da DM2**

O tratamento da DM2 geralmente inclui o EF, controle da dieta, controle de glicose no sangue e em alguns casos medicação oral e / ou insulina (ADA, 2018). A maioria dos especialistas recomenda uma abordagem em etapas no tratamento do DM2. Como a grande maioria é obesa, recomenda-se a perda de peso através de uma dieta saudável e exercício. Se a dieta, o exercício e a perda de peso falharem na diminuição dos níveis de glicose no sangue (geralmente devido ao incumprimento do paciente para com as mudanças de estilo de vida recomendadas), o médico pode decidir adicionar um medicamento oral, insulina ou ambos (Nieman, 2013).

Muitas vezes omitido e pouco referenciado, o tempo de inatividade física no diabético é de tal forma prejudicial que não permite obter todas as melhorias adjacentes à AF. O tempo sedentário prolongado e ininterrupto, é prejudicial à saúde, com maior relevância na DM2. Estratégias de incentivo, em adultos com DM2, de interromper períodos prolongados de tempo sedentário pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a composição corporal e a saúde metabólica (Falconer, Page, Andrews, & Cooper, 2015), essas melhorias são mais significativas em DM2 com sobrepeso e obesos (Healy, Winkler, Brakenridge, Reeves, & Eakin, 2015).

O principal objetivo da terapia para pacientes com DM2 é melhorar a sensibilidade à insulina e a tolerância à glicose, através do uso adequado de dieta, exercício e redução de peso. A AF, juntamente com dieta e terapia farmacológica, representa um dos três pilares no tratamento e cuidado do DM2. O papel terapêutico da AF regular tem como vantagens a sua natureza não farmacológica, os seus efeitos benéficos sobre os fatores de risco metabólicos associados às complicações da diabetes, e os baixos custos (Codella, Ialacqua, Terruzzi, & Luzi, 2018). O EF regular é considerado fundamental no tratamento da DM2, pelo seu papel essencial no controle da glicemia a longo prazo (Zanuso et al., 2017). Infelizmente, a AF é subutilizada no tratamento da DM2, isso pode ser devido à falta de compreensão e/ou motivação por parte do diabético e/ou falta de recomendações claras, incentivo e acompanhamento dos profissionais de saúde (Labban, 2015). A utilização do EF como um dos tratamentos na DM2 e controle das comorbidades associadas, provém da evidencia demonstrada por estudos onde se aplicaram programas de exercícios (Nieman, 2013).

### **2.2.2 Efeitos / Benefícios do EF na DM2**

O EF na DM2 está amplamente estudado, fruto dos seus comprovados efeitos benéficos na prevenção e tratamento da patologia. Essa análise tem sido centrada na vertente aeróbica e de força muscular do EF, e no trabalho conjunto destas duas capacidades. Recentemente outros estudos têm avaliado a componente anaeróbica. Modalidades com estas capacidades inerentes, presentes individualmente e/ou em conjunto, também têm sido avaliadas. Outros potenciais benefícios em outras áreas têm sido desenvolvidos, tentando perceber-se até onde vai alcance terapêutico do EF na DM2.

Inúmera bibliografia é quase unânime em realçar a melhoria do controle glicêmico, o aumento da sensibilidade à insulina, e a diminuição da HbA1c como a base para uma cascata de benefícios associados ao exercício, para além da redução de risco de complicações diabéticas (Garcia, 2017, Colberg et al., 2010, 2016; O'Hagan, De Vito, & Boreham, 2013; Sigal et al., 2018).

Uma posição conjunta do ACSM e da ADA (Colberg et al., 2010) relata como efeitos agudos do exercício com grau de evidência A o aumento da captação de glicose nos músculos ativos. As contrações musculares estimulam o transporte da glicose do sangue para o músculo por meio de um mecanismo alternativo (independente da insulina), não ficando comprometido pela resistência à insulina ou DM2. O EF pode resultar em melhorias agudas na ação sistêmica da insulina com duração de 2 a 72 h. Com grau de evidência B é referido que uma combinação de treino aeróbico com exercícios de força pode ser mais eficaz para melhorar o controle da glicose no sangue do que trabalhadas isoladamente.

Entre os efeitos crônicos do exercício com grau de evidência A está a constado que o TF melhora a massa muscular esquelética, e com grau de evidência de grau B temos que o TA e o de TF melhoram a ação da insulina, o controle da glicose, a oxidação e armazenamento de gordura no músculo. Indivíduos com DM2 que praticam EF supervisionado apresentam maior adesão e controle da glicemia do que aqueles que realizam EF sem supervisão. O aumento da AF e aptidão física podem reduzir os sintomas de depressão e melhorar a qualidade de vida (QV) relacionada à saúde.

Uma revisão (Zanuso et al., 2017) analisando as modificações crônicas neuromusculares e metabólicas do EF aeróbico e de força (figura 3), refere que períodos prolongados de EF regular levam a um continuum de adaptações, que variam desde do

aumento da força muscular à melhoria da capacidade aeróbica através da angiogénese, biogénese mitocondrial e melhoria no transporte de glicose.

	<b>Adaptações Neuromusculares</b>	<b>Adaptações Metabólicas</b>
 <p><b>Treino Aeróbico</b></p>	↑Força Muscular Ø Potência Muscular Ø Resistência Muscular Ø Qualidade Muscular (força por unidade motora) ↔ Tamanho da Fibra Muscular Ø Composição da Fibra Muscular ↑↑↑ Função Sensório Motora e Sintomas de Neuropatia Periférica Diabética	↓ Níveis de Insulina em Repouso ↑↑ Sensibilidade à Insulina ↓↓↓ Risco Cardiovascular ↓↓ Gordura Corporal ↔ Massa Magra ↑↑↑ Capacidade Aeróbica ↔ Capacidade Anaeróbica
 <p><b>Treino de Força</b></p>	↑↑↑ Força Muscular ↑↑↑ Potência Muscular ↑↑↑ Resistência Muscular ↑↑↑ Tamanho da Fibra Muscular Ø Composição da Fibra Muscular ↑↑↑ Velocidade de Condução (fibra muscular) ↑↑↑ Função Sensório Motora e Sintomas de Neuropatia Periférica Diabética	↓ Níveis de Insulina em Repouso ↑↑ Sensibilidade à Insulina ↓↓ Gordura Corporal ↑↑ Massa Magra ↑ Capacidade Aeróbica ↑ Capacidade Oxidativa ↑↑↑ Capacidade Anaeróbica

Figura 3 - Modificações crónicas neuromusculares e metabólicas básicas induzidas pelo treino aeróbico e de força em pessoas com DM2

↔, parâmetro inalterado; ↑ pequeno aumento; ↑↑, aumento moderado; ↑↑↑, grande aumento; ↓, pequena diminuição; ↓↓, diminuição moderada; ↓↓↓, grande redução; Ø, evidência insuficiente disponível  
 (adaptado de Zanuso et al., 2017)

Outros benefícios do EF para pessoas com DM2 associados ao relatados anteriormente são o aumento significativo no gasto energético que pode ajudar na perda de peso (Lumb, 2014), melhoria na taxa de oxidação de gordura (O’Hagan et al., 2013), parâmetros glicémicos, perfil lipídico, pressão arterial, nos valores da proteína C reativa de alta sensibilidade, redução dos fatores de risco cardiovascular, regulação do peso corporal, redução da gordura corporal melhorando a massa magra (Amanat, Ghahri, Dianatinasab, Fararouei, & Dianatinasab, 2020), aumento do vigor (Sigal et al., 2018), e melhoria na função física e bem-estar (Hordern et al., 2012).

A descoberta de citocinas como irisina, osteocina e adipocina trouxe uma nova visão de que elas podem ser mediadores hormonais cruciais na terapia pelo EF na DM e

doenças metabólicas, mas o mecanismo exato ainda não está claro (D. Yang, Yang, Li, & Han, 2019).

### **2.2.2.1 Obesidade / Gordura Corporal**

Indivíduos fisicamente inativos e com alto nível de adiposidade têm um risco aumentado de ter DM2 em comparação com indivíduos ativos com IMC normal. A obesidade não é apenas evitável, como pode ser tratada, principalmente com modificações no estilo de vida para impedir a DM2 naqueles com excesso de adiposidade (Carbone, Del Buono, Ozemek, & Lavie, 2019).

O aumento dos níveis de AF e a diminuição da obesidade desempenham um papel essencial na redução do risco de desenvolver DM2 (Petermann et al., 2018). A genética e/ou um estilo de vida obesogénico podem precipitar uma série de eventos que culminam na DM2 (figura 4). Em indivíduos obesos, o tecido adiposo liberta mais ácidos gordos não esterificados, glicerol, hormonas, citocinas pró-inflamatórias e outros fatores envolvidos no desenvolvimento da resistência à insulina. Quando a resistência à insulina é acompanhada por disfunção das células  $\beta$  no pâncreas, ocorre uma falha no controle dos níveis de glicose no sangue. A diminuição na produção de insulina pode resultar numa regulação desordenada dos níveis de glicose, diminuindo a supressão da produção hepática de glicose e reduzindo a eficiência da captação de glicose nos tecidos sensíveis à insulina, resultando num aumento da lipólise. A insulina atua no hipotálamo para regular o peso corporal, e a diminuição na sinalização da insulina está associada a alterações na ingestão de alimentos e no peso corporal. Sendo assim a disfunção das células  $\beta$  que resulta em uma redução relativa na libertação de insulina, resulta numa menor ação da insulina nessa região crucial do cérebro e como tal está associado ao ganho de peso e a um agravamento da resistência à insulina (Kahn, Hull, & Utzschneider, 2006).

A menor capacidade mitocondrial está associada à obesidade, DM2 e envelhecimento, no entanto tal facto não é irreversível. A plasticidade da biogénese mitocondrial é mantida no estado de resistência à insulina. A perda de peso não parece afetar significativamente esta resposta. O aumento da AF melhora o conteúdo mitocondrial e o seu funcionamento. (Toledo & Goodpaster, 2013).

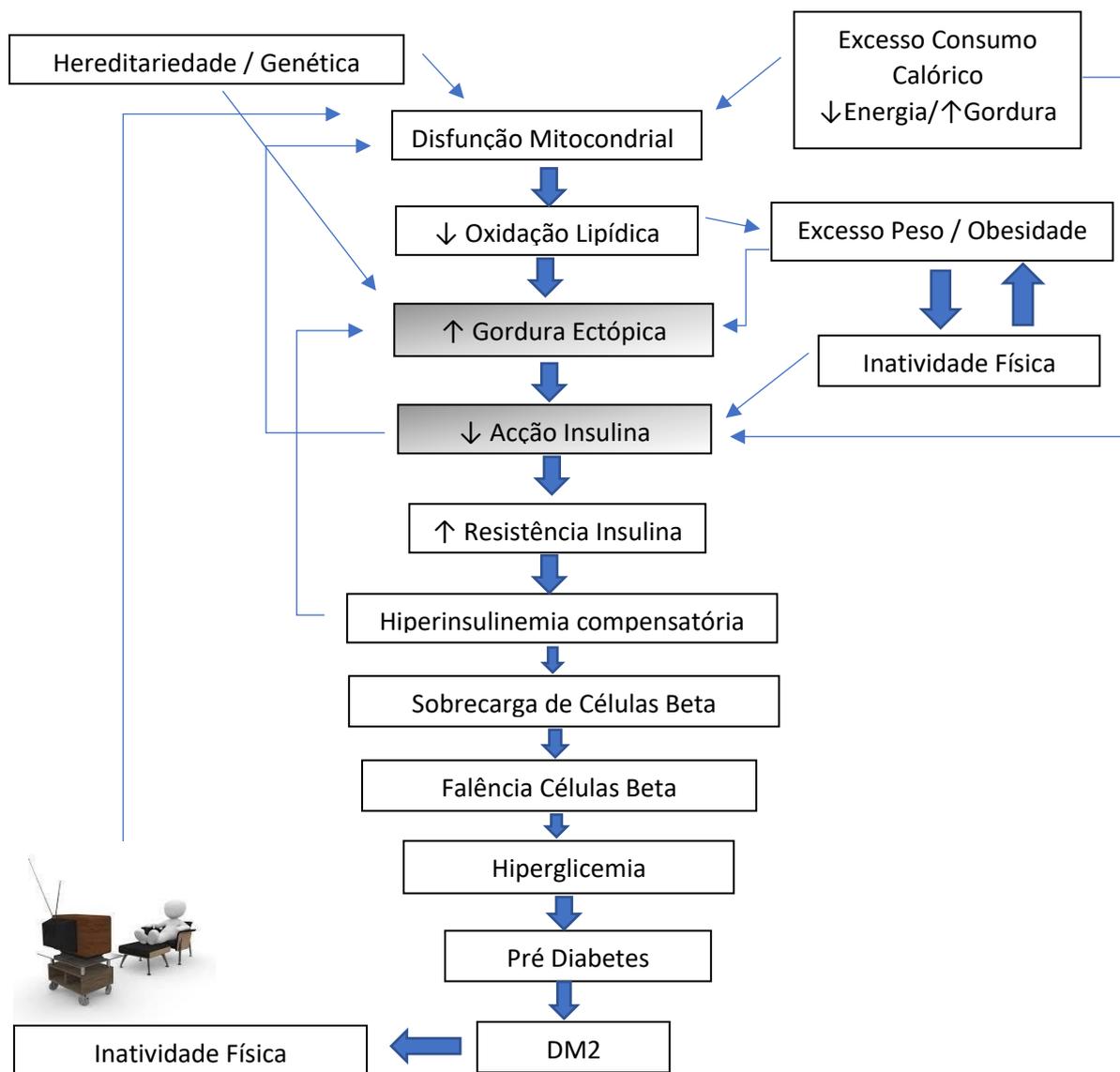


Figura 4 - Sequência multifatorial de eventos na DM2  
(adaptado de DiMenna & Arad, 2018)

O EF leva a efeitos benéficos em vários tecidos e sistemas orgânicos oferecendo proteção contra a obesidade e a DM2 (Dewal & Stanford, 2019). Neutraliza os efeitos nocivos da obesidade, aumentando a sensibilidade à insulina em pessoas com DM2 (Meo, Iossa, & Venditti, 2017). O EF regular também pode alterar o padrão de deposição lipídica, resultando numa distribuição mais favorável no tecido adiposo e intramuscular (DiMenna & Arad, 2018). Provoca inúmeros benefícios fisiológicos no tecido adiposo, os quais provavelmente contribuem para os benefícios cardiometabólicos associados. O exercício, através de uma série de mecanismos, induz uma troca fenotípica no tecido adiposo que armazena adipócitos brancos para adipócitos termogénicos bege. O processo

de escurecimento dos adipócitos pode estar parcialmente subjacente à melhoria da saúde cardiometabólica em populações fisicamente ativas (Aldiss et al., 2018). O exercício diminui o tamanho dos adipócitos, aumentado a biogénese mitocondrial e a captação de glicose (Dewal & Stanford, 2019).

O músculo esquelético desempenha um papel importante na regulação do gasto energético de todo o corpo, uma vez que é o principal local de oxidação de glicose e lípidos. A AMPK (enzima com responsabilidade na homeostase energética celular) desempenha um importante papel na regulação da capacidade de exercício, do conteúdo mitocondrial no músculo esquelético e da captação de glicose estimulada pela contração. A atividade da AMPK no músculo esquelético é reduzida na obesidade e pode ser um importante alvo terapêutico para o tratamento da resistência à insulina. A AMPK tem um papel fundamental na regulação do metabolismo dos ácidos gordos e na biogénese mitocondrial. O EF é um importante ativador de AMPK no músculo esquelético revelando um efeito protetor, reduzindo os defeitos metabólicos associados à obesidade (O'Neill, Holloway, & Steinberg, 2013).

A DM2 associada à obesidade altera o metabolismo do óxido nítrico (NO) no músculo esquelético. Devido à inflamação crónica, pessoas com sobrepeso / obesidade e DM2 apresentam quantidades elevadas de NO no músculo esquelético, podendo levar à destruição de componentes celulares e perturbação de processos metabólico. Altas concentrações de NO provavelmente contribuem para o desencadear da resistência à insulina no músculo esquelético e reduzir a capacidade mitocondrial durante o desenvolvimento e progressão da DM2. Níveis baixos de NO muscular são importantes para atingir um estado antioxidante celular adequado - mantendo assim a integridade metabólica. O EF melhora a sensibilidade à insulina e a capacidade mitocondrial no músculo esquelético de indivíduos com DM2, tal deve-se a vários fatores entre os quais o aumento do tamanho muscular, alterações das fibras musculares, aumento da capilarização, aumento da capacidade antioxidante ou alterações nas enzimas metabólicas (Eghbalzadeh, Brixius, Bloch, & Brinkmann, 2014).

O tecido adiposo ectópico ao redor dos órgãos intra-abdominais (gordura visceral) e localizado no fígado, coração, pâncreas e músculo, está ligado a complicações cardio metabólicas comumente encontradas na DM2 (Sabag et al., 2017). Estudos mostram que pessoas com DM2 frequentemente acumulam gordura hepática, o que pode ter um papel nas anormalidades metabólicas típicas da DM e também está associado ao aumento do risco de doença cardiovascular (Bacchi & Moghetti, 2013).

O TA regular reduz o tecido adiposo visceral e pode reduzir a gordura hepática em adultos com sobrepeso/obesidade e DM2. O efeito benéfico do exercício na redução ectópica da gordura pode ser independente da perda de peso (Sabag et al., 2017). Do ponto de vista do exercício, o TA, mesmo na ausência de perda de peso, melhora a sensibilidade à insulina hepática, estimulando a AMPK hepática e assim melhorar a supressão de produção de glicose hepática, que está correlacionada com a diminuição de gordura visceral, o que leva a crer que este depósito de gordura pode desempenhar um importante papel mecanicista na melhora da função hepática (Kirwan, Sacks, & Nieuwoudt, 2017).

Efeito agudo do exercício é um aumento na libertação de IL-6, FGF-21 e irisina pelo músculo esquelético, o que influencia o metabolismo do tecido adiposo, capacidade oxidativa e absorção de glicose. Após o esgotamento do glicogénio, os músculos em contração contínua libertam IL-6, estimulando a lipólise do tecido adiposo, o que desempenha um papel importante na redução do tecido adiposo visceral em resposta ao exercício (Wedell-Neergaard et al., 2019).

Parece haver uma relação entre o nível de aptidão cardiorrespiratória e a diminuição de risco de altas taxas de gordura hepática (Nagano, Sasaki, & Kumagai, 2010). Esta patogénese envolve múltiplas vias, incluindo captação de ácidos gordos, lipogénese, oxidação mitocondrial dos ácidos gordos e secreção de lipoproteína (Nassir, Rector, Hammoud, & Ibdah, 2015). O EF independente de modificações na dieta, pode reduzir o conteúdo de gordura hepática e as transaminases séricas em pessoas com DM2. Esta redução parece ser obtida quer com o TF quer o TA, no entanto o volume e a intensidade parecem estar relacionados com diferenças nos benefícios obtidos (Bacchi & Moghetti, 2013). Um estudo randomizado recente comparou a aplicação de treino contínuo de intensidade moderada com estímulos de intensidades mais altas através de sprints intervalados, e ambos os métodos reduziram a gordura hepática e melhoraram o perfil de lipoproteínas, no entanto o método contínuo parece ser preferível para melhorar a sensibilidade à insulina hepática, independentemente da tolerância à glicose (Motiani et al., 2019).

Ao nível do músculo esquelético pessoas com DM2 estão expostas a um aumento de conteúdo lipídico. O TA reduz significativamente esse excesso de gordura, aproximando de valores observáveis em pessoas sem DM2 (Nielsen et al., 2010).

### 2.2.2.2 Cognitivos

Com o exercício o fluxo sanguíneo para as estruturas cerebrais específicas aumenta quase 200% (Olver, Ferguson, & Laughlin, 2015). Várias mioquinas, incluindo catepsina B, irisina, BDNF e FGF-21, têm um papel importante na relação músculo-cérebro, mediando a melhoria induzida pelo exercício das funções cerebrais, como cognição, memória, neuroplasticidade, coordenação motora, sono e humor (Laurens, Bergouignan, & Moro, 2020).

O EF desempenha um papel fundamental na função física e cognitiva, principalmente nas fases mais avançadas das nossas vidas. A função física e a função cognitiva parecem estar inter-relacionadas e podem compartilhar mecanismos comuns. Assim, melhorias induzidas pelo exercício na função física e na função cognitiva podem co-ocorrer e estar associadas entre si (Falck, Davis, Best, Crockett, & Liu-Ambrose, 2019). O exercício aeróbico tem o potencial de melhorar o desempenho cognitivo e a regulação cerebrovascular em adultos de meia-idade e mais velhos, podendo neutralizar o declínio cognitivo observado com o envelhecimento normal (Guadagni et al., 2020).

O EF pode atuar como um método não farmacológico que protege contra a disfunção cognitiva causada pela obesidade, melhorando a sinalização de insulina no hipocampo e a neuroplasticidade (Park, Park, Kim, Kim, & Kim, 2019).

O EF deve fazer parte de uma estratégia de adoção de estilos de vida saudáveis de forma a manter o controle glicêmico, pois a desregulação da sinalização da insulina pode ser um importante fator na patogênese da doença de Alzheimer. Além disso, a DM é um fator de risco para aterosclerose e problemas nos pequenos vasos, aumentando o risco de demência vascular (Saedi, Gheini, Faiz, & Arami, 2016). No entanto uma revisão recente refere a necessidade de mais estudos nesta área, de forma a serem tiradas conclusões cientificamente mais claras, nomeadamente na relação entre a adoção de estilos de vida saudáveis onde se insere o EF, e as melhorias cognitivas em DM2 (Dyer, Briggs, Mockler, Gibney, & Kennelly, 2020).

Outra revisão sistemática analisando o papel da AF regular moderada no funcionamento cognitivo em diabéticos tipo 2, conclui que o EF pode potencialmente contribuir para melhorar o desempenho cognitivo nesta população, principalmente nos mais idosos, mas que estudos adicionais de alta qualidade com avaliações cognitivas padronizadas são necessárias para determinar as relações entre a dose-efeito (Podolski, Brixius, Predel, & Brinkmann, 2017). A complementar a revisão atrás citada, Shellington,

Reichert, & Petrella, (2018) reforçam as mesmas conclusões e acrescentam que é difícil comparar estudos nesta temática e tirar conclusões finais definitivas, e que a eficácia do exercício para melhorar a cognição em adultos com DM2 ainda não é bem compreendida. Uma revisão conclui que apesar dos dados disponíveis serem limitados, os mesmos sugerem que os exercícios aeróbicos ou intervenções no estilo de vida podem melhorar alguns aspetos na cognição em adultos mais velhos com DM2, concretamente na função executiva, memória e nos valores cognitivos globais, mas os efeitos são inconsistentes e requerem mais estudos. Além disso realça as vantagens potenciais dos exercícios aeróbicos de moderada a alta intensidade, em vez do TA de baixa intensidade muitas vezes recomendados clinicamente para a DM2, mas assevera a necessidade de ensaios de dose-resposta (Zhao, O’Sullivan, & Fiatarone Singh, 2018).

### **2.2.2.3 Qualidade de Vida (QV)**

Pacientes diabéticos tendem a ter uma má qualidade de vida. A DM2 está associada a uma condição polipatológica, em que as suas complicações afetam progressivamente a qualidade de vida e a sobrevivência (Cadore & Izquierdo, 2015). Um estilo de vida sedentário é considerado um fator de risco modificável para a DM2 e um preditor independente de baixa qualidade de vida. O exercício é um tratamento essencial para pessoas que vivem com diabetes. Parece haver uma melhoria na qualidade de vida em indivíduos com DM2 comprovável naqueles que praticam exercício aeróbico. O TF e o TC apresentam resultados contraditórios (Cai, Li, Zhang, Xu, & Chen, 2017; F. C. Silva et al., 2017a). O EF regular promove estado de humor positivos e melhorias na qualidade de vida em DM2 idosos. (Baptista, Machado-Rodrigues, & Martins, 2017).

### **2.2.2.4 Outros**

Os distúrbios osteomusculares são comuns em indivíduos com DM2 e podem representar uma barreira à AF. O EF supervisionado pode ser mais eficaz ao treino sozinho, na melhoria do status funcional das articulações envolvidas, favorecendo o trabalho a maiores volumes, e intensidades, melhorando a aptidão física (Balducci, Vulpiani, et al., 2014).

A neuropatia periférica diabética é uma complicação comum na DM2 que predispõe os idosos a um risco maior de quedas. Programas de prevenção de quedas com um componente de exercícios de força com o peso corporal são eficazes na redução de quedas futuras em idosos. No entanto, este tipo de trabalho só foi recentemente

recomendado nas diretrizes de exercícios para pessoas com DM2. Uma proposta de treino multicomponente, que inclui exercícios de fortalecimento funcional, programas de caminhada, treino de equilíbrio ou Tai Chi, pode promover melhorias na marcha, equilíbrio e atividade funcional em pessoas com neuropatia periférica diabética (Gu & Dennis, 2017).

Em diabéticos com fragilidade e declínio funcional grave, um programa de exercícios multicomponentes incluindo TF, exercícios de equilíbrio e treino da marcha pode ser uma intervenção eficaz para reduzir quedas, melhorar a capacidade funcional e a qualidade de vida desses pacientes (Cadore & Izquierdo, 2015). Tal fato tem ainda maior importância se atendermos ao facto de que pessoas com DM2 sofrem de um risco aumentado de fratura, principalmente no quadril, em comparação com pacientes sem diabetes (Hygum, Starup-Linde, Harsløf, Vestergaard, & Langdahl, 2017). O EF é fundamental na melhora no equilíbrio, propriocepção, força dos membros inferiores, tempo de reação e, conseqüentemente, diminuição do risco de queda em DM2 idosos (Morrison, Colberg, Mariano, Parson, & Vinik, 2010). Trabalhos feitos nesta área com esta população utilizando realidade virtual (vídeo jogos), obteve redução no risco de quedas sem alterações significativas na força das pernas, sugerindo que intervenções para reduzir o risco de quedas que visam fatores de risco intrínsecos relacionados ao controle do equilíbrio (sobre a força muscular) podem ter benefícios positivos para o idoso com DM2 em risco de queda (Lee & Song, 2012; Morrison, Simmons, Colberg, Parson, & Vinik, 2018).

## **2.3 Tipos de Treino**

### **2.3.1 Treino Aeróbico (TA)**

Podemos caracterizar este tipo de treino com as atividades que desenvolvem a capacidade cardiovascular. Estão desenhadas para melhorar a nossa capacidade e eficácia dos sistemas cardiovascular, respiratório e metabólico (Wilmore, Costill, 2010). O exercício aeróbico consiste em movimentos rítmicos contínuos de grandes grupos musculares, como caminhar, correr e andar de bicicleta (Kirwan et al., 2017).

O TA baseia-se no facto de as fibras musculares tipo 1 trabalharem mais do que as fibras musculares tipo 2. As fibras musculares do tipo 1 são denominadas oxidativas de contração lenta, caracterizadas por alta resistência. As fibras musculares do tipo 2 ou fibras glicolíticas rápidas são recrutadas por um período muito curto de alta intensidade. As atividades aeróbicas recomendadas aos diabéticos que estão numa fase inicial é a

intensidade moderada, porque são suficientemente para estimular o metabolismo aeróbico e podem ser realizadas por períodos prolongados e geralmente contínuos.

As meta análises que revisam os benefícios da atividade aeróbica em pacientes com DM2 confirmaram repetidamente que o exercício aeróbico melhora o controle glicêmico, a sensibilidade à insulina, a capacidade oxidativa e outros parâmetros metabólicos (Kirwan et al., 2017). O TA na DM2 aumenta a densidade mitocondrial, enzimas oxidativas, reatividade dos vasos sanguíneos, função pulmonar, função imunológica e débito cardíaco. Volumes moderados a altos de atividade aeróbica estão associados a riscos cardiovasculares e de mortalidade substancialmente mais baixos na DM2 (Colberg et al., 2016b; Wahl, Scalzo, Regensteiner, & Reusch, 2018).

O TA tem a capacidade de aumentar a fosforilação de recetores de insulina, favorecendo o aumento da atividade das vias de insulina durante e após a AF. Reduz as proteínas pró-inflamatórias, como o fator de necrose tumoral- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) e interleucina-6 (IL-6), que são significativamente mais altas na resistência à insulina e em DM2 obesos. O TA reduz o peso corporal total baixando também a gordura corporal, tal facto é bastante importante porque o armazenamento excessivo de gordura corporal desempenha um papel importante na inflamação e na resistência à insulina, levando a um desequilíbrio entre a ação hormonal e as citocinas resistentes à insulina, expressas especificamente nas células adiposas. A oxidação de ácidos gordos melhora a ação da insulina e o TA induz uma maior beta oxidação no tecido adiposo, reduzindo o número de células adiposas e contribuindo para a redução do peso corporal e consequentemente controlar os níveis de glicose no sangue.

Este tipo de treino pode contribuir para uma maior expressão de GLUT4 (transportador de glicose) e uma maior atividade da enzima glicogénio sintase, ajudando a combater a resistência à insulina. Fornece melhores resultados no metabolismo da glicose através de uma maior ativação das fibras musculares oxidativas, ajudando a melhorar a biogénese da mitocôndria. Executando sessões longas e frequentes de TA, o organismo multiplicará o número de mitocôndrias e haverá uma melhora no VO<sub>2</sub>máx, menor stress oxidativo e inflamação sistémica. A combinação de trabalho aeróbico moderado e intenso ajuda a obter excelentes resultados para indivíduos com DM2 sobre a gestão da glicemia e a redução do peso corporal (Sousa, 2018).

Devemos ter em conta que o TA pode ser realizado em diferente intensidade e com diferentes volumes, a este propósito é importante perceber as diferentes respostas a diferentes estímulos, de forma a otimizar a prescrição e condução do processo de treino.

Os exercícios aeróbicos em indivíduos com DM2 mostram uma melhora significativa na HbA1C e no VO2máx. A melhora no controle glicémico alcançada pelo TA foi associada ao aumento inicial e ao pico do VO2 durante o exercício aeróbico. (Nojima et al., 2017). Para aqueles que podem tolerá-lo, exercitar-se com maior intensidade podem oferecer benefícios superiores, e que uma duração mais longa de um programa de exercícios também otimizará as reduções em HbA1C (Grace, Chan, Giallauria, Graham, & Smart, 2017; Liubaoerjijin, Terada, Fletcher, & Boulé, 2016). No entanto existem razões pelas quais o TA moderado é preferível ao de alta intensidade, embora os benefícios à saúde possam ser maiores com o último, que são as seguintes: o estímulo do exercício em qualquer intensidade é considerado suficiente para exercer melhorias clínicas; pode-se considerar que o EF de menor intensidade diminui a probabilidade de eventos médicos relacionados ao exercício; e exercícios de intensidade baixa a moderada podem ser realizados pela maioria das pessoas (Grace et al., 2017). Analisando a progressão como variável Delevatti et al., (2019) concluem que o efeito do TA progressivo fornece uma redução de HbA1c (controle glicémico) de maior magnitude do que o TA não progressivo. Entre as estratégias metodológicas no TA, ocorrem maiores reduções nos níveis de HbA1c com a progressão na duração e na intensidade, seguida pela progressão só na duração, com menor redução pela progressão só na intensidade. Ocorrem reduções nos níveis de HbA1c em pacientes com DM2 sem comorbidades, destreinados, que realizam caminhada e/ou corrida ou uma mistura de modalidades.

O exercício aeróbico de intensidade moderada melhora a sensibilidade à insulina mais do que o exercício aeróbico de intensidade vigorosa, os mecanismos subjacentes a essa diferença são amplamente desconhecidos. Uma explicação possível envolve o aumento do metabolismo das reservas de ácidos gordos no músculo esquelético por meio de exercícios de intensidade moderada, o que pode melhorar diretamente a sensibilidade à insulina (McGarrah, Slentz, & Kraus, 2016).

O TA reduz a gordura abdominal visceral e subcutânea. O aumento da capacidade de consumo de oxigênio e a redução da gordura abdominal podem ser preditores primários da melhora metabólica induzida pelo exercício nesses indivíduos (Bacchi et al., 2012). O TA têm demonstrado bons resultados no controle das variáveis de risco cardiovascular em indivíduos diabéticos com melhorias do perfil lipídico, VO2máx, diminuição da glicemia, da pressão arterial diastólica e percentual de gordura e massa gorda geral (Silva, Lacerda, & Mota, 2015).

O exercício aeróbico de intensidade moderada (realizado pelo menos 150 minutos/semana) pode influenciar positivamente a função nervosa (Gu, Dennis, Kiernan, & Harmer, 2019). Alterações observadas nas medidas da marcha, tempo de reação e equilíbrio sugerem que o exercício aeróbico de intensidades variadas é benéfico para melhorar o controle postural dinâmico em adultos mais velhos com DM2 com/sem neuropatia (Morrison, Colberg, Parson, & Vinik, 2014)

Um artigo bastante interessante fazendo uma revisão dos resultados do TA em jejum e alimentado, e questionando o potencial “transfer” de efeitos para pessoas com DM2, refere que em pessoas saudáveis o exercício agudo aeróbico em jejum é acompanhado por menor insulina no sangue, elevadas concentrações de ácidos gordos livres sanguíneos, glicemia estável (pelo menos nos primeiros 60 a 90 minutos), aumento da oxidação intramiocelular do triglicérido muscular, lipólise do corpo inteiro e preservação do glicogénio muscular. O TA a longo prazo no estado de jejum é acompanhado por melhorias significativas na sensibilidade à insulina e na capacidade de oxidação da gordura muscular basal (não durante o exercício). Atendendo a estes factos, Hansen, De Strijcker, & Calders, (2017) questionam se TA em jejum pode ser uma estratégia para melhorar a sensibilidade à insulina ou o controle glicémico em pacientes com DM2, no entanto referem que estudos são necessários para aferir conclusões específicas nesta população. Na mesma linha de pensamento e propondo uma linha de investigação própria, um artigo recente (Savikj & Zierath, 2020) refere os potenciais benefícios da aplicação do treino, em simultâneo com o denominado “Train Low” que implica treinar em fases com baixo stock de glicogénio hepático e muscular, associado à redução de ingestão de hidratos (Hawley & Burke, 2010), pois melhora a função cardiorrespiratória e a capacidade oxidativa do músculo esquelético mais do que o treino convencional em indivíduos saudáveis não treinados, possa ser estudado e adaptado para pessoas com DM2, com a ressalva de que o risco de hipoglicemia pode ser maior neste método, especialmente em indivíduos com diabetes DM2 não controlado ou tratados com insulina (Savikj & Zierath, 2020).

### **2.3.2 Treino de Força (TF)**

O TF tem sido amplamente estudado pelos seus benefícios em diferentes idades e em diferentes áreas incluindo a da saúde. A força pode ser considerada como o biomarcador de envelhecimento e mortalidade. Níveis mais elevados de força muscular nos membros superiores e inferiores estão associados a um menor risco de mortalidade

na população adulta, independentemente da idade (García-Hermoso et al., 2018). A medicina já inclui este tipo de treino em programas de saúde (Wilmore, Costill, 2010).

Podemos definir a força muscular como a intensidade máxima de força que um músculo ou grupo muscular pode gerar. Muitas vezes ainda mais em artigos na área da saúde vemos muitas vezes aplicada a terminologia resistência muscular, pois é aquela que muitas vezes é a mais estudada, podendo ser definida como a capacidade que os nossos músculos têm para manter ações musculares repetidas, ou em uma ação estática (isometria) (Wilmore, Costill, 2010). Consiste em contrações musculares realizadas contra uma resistência externa (pesos livres, aparelhos de musculação, exercícios com pesos corporais ou faixas elásticas de resistência) e essas contrações levam a aumentos de massa muscular, força muscular, resistência muscular e tônus muscular (Sousa, 2018).

O aumento da massa e força muscular pode estar relacionado ao menor risco de DM2, inversamente pode estar relacionada à redução da massa muscular e força de preensão (Yeung, Yeung, Fong, & Schooling, 2019). Uma análise com cerca de 36000 mulheres observou uma redução substancial nas taxas de DM2 e doenças cardiovasculares entre as que realizaram TF em comparação com aquelas que não participaram em nenhum TF, independentemente da participação em outras atividades (Shiroma et al., 2017).

A DM é um fator de risco para a perda de força muscular, declínio acelerado da força muscular e do estado funcional, daí a importância da inclusão de um programa de TF nesta população (Acosta-Manzano, Rodriguez-Ayllon, Acosta, Niederseer, & Niebauer, 2020). Como o TF não requer um alto nível de aptidão cardiorrespiratória para se iniciar, esta forma de exercício representa um ponto de partida lógico para um programa de controle de peso, principalmente porque a força e a resistência muscular são necessárias em todas as atividades da vida diária (Hills et al., 2010). Adultos inativos revelam uma perda de massa muscular de 3% a 8% por década, acompanhada por uma redução da taxa metabólica basal e acumulação de gordura. Os benefícios do TF (figura 5) incluem melhorias no desempenho físico, controle de movimento, velocidade na caminhada, independência funcional, melhorias nas habilidades cognitivas e na autoestima. Pode ajudar na prevenção e no controle da DM2, diminuindo a gordura visceral, reduzindo a HbA1c, aumentando a densidade do GLUT4, e melhorando a sensibilidade à insulina (Westcott, 2012).

Um estudo europeu de grande envergadura propondo um programa de exercícios complementado por um programa de educação nutricional em idosos com DM2, com

mais de 70 anos, durante 12 meses, conclui que uma intervenção multimodal estruturada composta por exercícios de força de intensidade moderada, combinados com um programa nutricional e educacional e otimização médica, leva a uma melhoria clinicamente relevante e econômica no status funcional de participantes frágeis e pré-frágeis idosos com DM2 (Rodriguez-Mañas et al., 2019).

O TF é uma ferramenta eficaz para combater a disfunção imunometabólica e neuromuscular na DM2 (Acosta-Manzano et al., 2020). Pesquisas emergentes sugerem que o TF tem o poder de combater a disfunção metabólica em pacientes com DT2 e parece ser uma medida eficaz para melhorar a saúde metabólica geral e reduzir os fatores de risco metabólico (Strasser & Pesta, 2013). Geralmente aumenta a massa muscular promovendo um perfil metabólico favorável em pessoas com DM2, mesmo na ausência de perda de gordura (Hu et al., 2018). Em termos de saúde, como adaptações positivas do TF em pessoas com DM2 podemos acrescentar melhorias na autopercepção e na saúde, bem como na redução do consumo de medicação (Domínguez et al., 2016).

Vários estudos clínicos demonstraram claramente que o TF reduz a percentagem de HbA1c, aumenta a captação de glicose e até melhora o perfil de risco de doenças lipídicas e cardiovasculares de pacientes com DM2 (LeBrasseur, Walsh, & Arany, 2011). O TF melhora a tolerância à glicose e a sensibilidade à insulina (Codella et al., 2018; Eves & Plotnikoff, 2006; Grabert & Feito, 2013; Strasser & Pesta, 2013; Treserras & Balady, 2009, Westcott, 2012) por modificações qualitativas, independentemente do aumento da massa muscular, no entanto a SI é diretamente proporcional à massa corporal magra. Esse aumento é de fato acompanhado por um aprimoramento do metabolismo basal, desencadeando um ciclo virtuoso na saúde metabólica (Codella et al., 2018). As melhorias inerentes ao TF em DM2, relativamente ao CG, parecem ser mais efetivas no estágio inicial da patologia, nos diabéticos com valores mais altos de HbA1c, e menos obesos. A redução de HbAc1c foi maior em estudos aplicando um número relativamente alto de séries (Ishiguro et al., 2016).

Os resultados primários em estudos que avaliaram os efeitos do TF na DM2 descobriram melhorias que variam de 10% a 15% na força, densidade mineral óssea, perfis lipídicos, saúde cardiovascular, SI e massa muscular (Kirwan et al., 2017). Outros estudos acrescentaram a estes benefícios nas melhorias no controle glicêmico, resistência à insulina e perda de massa gorda, a normalização da pressão arterial, aumento da força, e massa corporal magra (Colberg et al., 2016b).

O TF pode ser eficaz na redução do risco de fratura em pacientes com DM2, melhorando a massa, força e qualidade muscular, diminuindo assim o risco de quedas (Balducci et al., 2019). Mostrou ser eficaz na redução dos níveis de citocinas pró-inflamatórias (IL-6, PCR e TNF), nos níveis de colesterol e ácidos gordos livres, no VO2 máx., na relação cintura/quadril, em idosos com DM2 (Domínguez et al., 2016). Além disso, devido ao aumento da prevalência da DM2 com o envelhecimento, associado ao declínio da massa muscular relacionado à idade, conhecido como sarcopenia, o TF pode proporcionar benefícios adicionais à saúde em idosos (Kirwan et al., 2017). Para a população idosa com DM2 o TF supervisionado por profissionais em ginásios parece obter melhorias mais significativas do que o TF progressivo feito sem supervisão no domicílio (Dunstan et al., 2005). No entanto são necessários mais estudos para confirmar se os benefícios metabólicos obtidos com o TF em populações mais jovens também podem impactar positivamente os idosos com DM2, incluindo a população em rápida expansão com 80 anos ou mais (Hovanec, Sawant, Overend, Petrella, & Vandervoort, 2012).

Indivíduos com DM2 são capazes de efetuar TF com risco mínimo de resultados negativos para a saúde ou lesão, melhorando o controle glicêmico geral, a SI e a força muscular (Gordon, Benson, Bird, & Fraser, 2009). Esta melhoria no CG parece dever-se à contração muscular que em geral aumenta a captação de glicose nas células musculares. O principal problema na DM2 é a resistência à insulina, aumentando a massa muscular pode-se melhorar a SI, e o TF pela sua dependência do metabolismo anaeróbico pode resultar numa melhoria nas vias de armazenamento de glicogénio (LaFontaine, 2000). Este aumento de glicogénio muscular, devido ao aumento dos níveis de massa muscular, em combinação com melhorias no funcionamento das células  $\beta$ -pancreáticas e nas vias de sinalização da glicose e sua ação no músculo esquelético, explica as melhorias no CG, medidas através da redução nos níveis de Hb1Ac, redução dos níveis de glicose no sangue, de insulina, e resposta à insulina ao teste de tolerância à glicose (Domínguez et al., 2016).

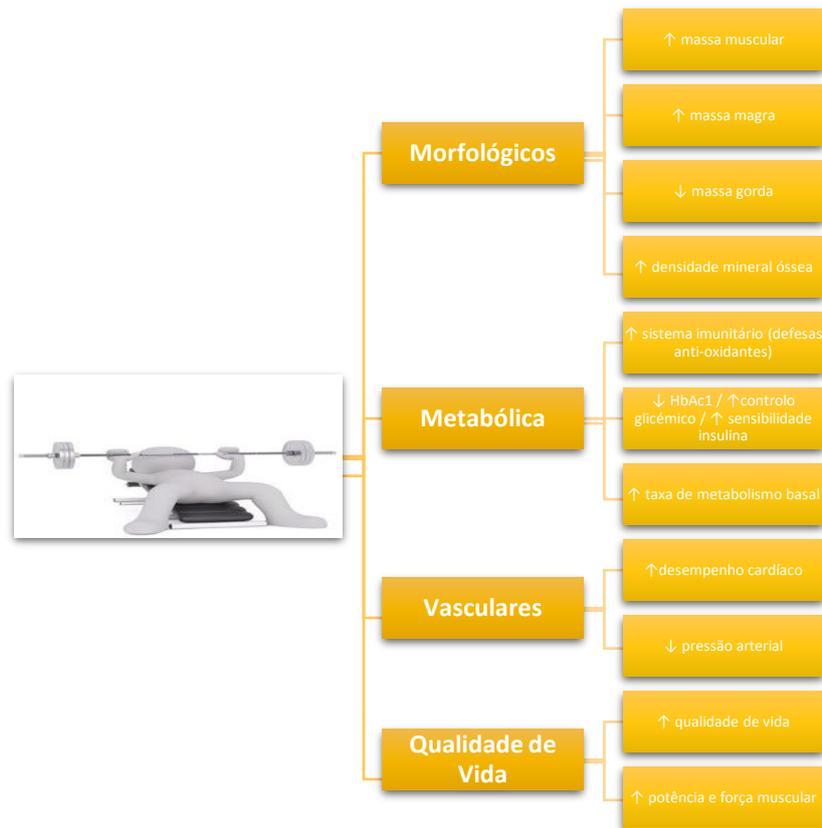


Figura 5 - Benefícios do TF em DM2

Adaptado de (Codella et al., 2018)

O TF aumenta a captação de glicose mediada pela insulina, o conteúdo de GLUT4 e a sinalização de insulina no músculo esquelético em pacientes com DM2. Os aumentos no conteúdo de GLUT4 no músculo em várias expressões e/ou atividade de proteínas sinalizadoras de insulina fazem parte do mecanismo por trás da melhoria na ação da insulina (Holten et al., 2004; Westcott, 2012).

O TF promove benefícios à saúde através do aumento da massa muscular esquelética e adaptações qualitativas, como o transporte aprimorado de glicose e da capacidade oxidativa mitocondrial. Em particular, as adaptações mitocondriais desencadeadas por este tipo de treino levam-no a ser recomendado como adoção de um estilo de vida viável para combater a DM2, uma doença tipicamente caracterizada por função mitocondrial muscular alterada (Pesta, Goncalves, Madiraju, Strasser, & Sparks, 2017).

Para pacientes com DM2, estudos realizados mostraram que o TF de intensidade média a alta melhorou significativamente o CG e a resistência à insulina, enquanto o de baixa intensidade (40% a 50% 1RM) não foi tão eficaz. O treino a 80% 1RM tem efeitos

agudos fortes na pressão arterial sistólica, na função do sistema nervoso simpático e nas atividades endócrinas relacionadas ao CG. No entanto dado os riscos adicionais de lesão ortopédica, o TF de intensidade média a alta pode não ser apropriada para todos, particularmente em pacientes com DM2 idosos. Como alternativa o TF de baixa intensidade em DM2 idosos parece ser uma estratégia adequada na medida esta intensidade do TF melhorou o metabolismo de glicose e dos lipídios em pacientes obesos com DM2 (Takenami et al., 2019). Outra revisão refere que em idosos com DM2, o TF melhorou significativamente o CG e a força muscular em pacientes idosos com DT2, mas sem alteração na massa muscular. Nesta revisão é referido que o recomendado para idosos com DM2, seja dar um maior ênfase à intensidade, em vez da duração, frequência e volume, para melhorar o CG e a força muscular (Lee, Kim, & Kim, 2017). Uma outra revisão recente analisando os resultados da HbA1c no TF, comparando intensidades, conclui o TF de alta intensidade tem efeitos benéficos mais consideráveis do que a intensidade baixa a moderada na atenuação dos níveis elevados de HbA1c e insulina em pacientes com DM2, no entanto também realça que a intensidade deve ser a principal preocupação para alcançar os benefícios máximos, de acordo com a aptidão física do paciente (Liu et al., 2019). Estes factos levam-nos a concluir que pessoas com DM2 em idades mais baixas a intensidade do TF de força pode ser mais elevada para obtenção de resultados mais positivos, quanto mais alta for a idade a intensidade deve ser mais reduzida por questões de segurança e porque os benefícios não são compensatórios em função do risco.

Nesta linha de pensamento um estudo que aplicou intensidade mais baixa de TF conclui que pode ser eficaz para melhorar o CG em pacientes idosos DM2, os mecanismos subjacentes a esse efeito envolvem a melhoria da função contrátil nas fibras glicolíticas rápidas, e devido à sua baixa intensidade de exercício, deve ser útil como contramedida contra a diabetes em pacientes idosos, particularmente para aqueles associados à sarcopenia (Takenami et al., 2019). O treino em circuito pode ser uma solução de trabalho nestas intensidades, pois reproduz as melhorias similares ao nível do CG (Shabani, Nazari, Dalili, & Rad, 2015).

O TF após uma refeição pode ser mais eficaz na redução das concentrações de glicose, insulina e triglicéridos do que o TF antes de uma refeição. Deve-se ter em atenção que pode não ser benéfico reduzir a dose de insulina injetável antes do TF em pessoas insulino dependentes com DM2 (Brown, Franklin, Regensteiner, & Stewart, 2020).

Uma outra revisão comparando os efeitos do TF para hipertrofia com o de resistência muscular em DM2 conclui que ambos têm efeitos benéficos comparáveis no CG, aptidão física e composição corporal. O TF hipertrófico mostrou efeitos benéficos extra sobre o perfil lipídico, pressão arterial e níveis de proteína c-reativa. Ambos os tipos de TF podem ser usados como intervenções terapêuticas intercambiáveis complementares, dependendo das limitações físicas do paciente, preferências pessoais, disponibilidade, e adequação das instalações (Acosta-Manzano et al., 2020).

Numa análise mais pormenorizada acerca dos mecanismos moleculares da absorção de glicose muscular em resposta ao exercício de força uma revisão constatou que a interação do recetor de insulina e seus substratos IR / IRS-1 / IRS-2, PI3K e Akt, leva à síntese de proteínas e à translocação do GLUT4 para a membrana. As vias de sinalização desencadeadas pela insulina são aprimoradas pela prática regular de exercícios de força. A absorção de glicose também é evidente pela ativação da AMPK por marcadores moleculares resultantes do stress celular em resposta ao exercício da força (Pinto et al., 2017).

O TF em pessoas com DM2 deve seguir recomendações próprias de forma a garantir a segurança e os ganhos inerentes à sua prática (figura 6).

---

#### **RECOMENDAÇÕES DE TF EM DM2**

**Começar a usar intensidades baixas ou moderadas (45-65% de 1RM) e seguir a progressão de acordo com a tolerância do sujeito.**

DM2 moderados e graves beneficiam do TF de intensidade moderada (45-65% de 1RM). No entanto, alguns dos pacientes com DM grave podem precisar de participar em programas supervisionados por médicos.

DM2 jovens ou idosos com complicações menos graves (por exemplo, distúrbios nos níveis macrovascular, microvascular ou neurológico) e que não são submetidos a tratamento com insulina ou agentes hipoglicémicos podem participar potencialmente de um programa de TF de alta intensidade (75-85 % de 1RM).

O TF de alta intensidade (75-85% de 1RM) pode ser apropriado para alguns, mas não para todos os diabéticos jovens e idosos. Portanto, esse tipo de treino deve ser reservado apenas para os indivíduos que fazem esse tipo de treino em intensidades moderadas há algum tempo. Diabéticos com complicações graves e participando de um programa de treino de resistência de alta intensidade, independentemente da idade, devem ser supervisionados por um médico.

Cuidados especiais devem ser tomados ao projetar um programa de TF para pacientes que sofrem de retinopatia (complicações oculares), doença renal (complicações renais) e neuropatias (danos nos nervos), pois essas áreas foram afetadas. Profissionais totalmente creditados

---



---

com formação especializada, devem projetar o programa de TF em conjunto com um médico.

Para maximizar a segurança do programa de treino e evitar eventos hipoglicémicos, é importante monitorar a glicose no sangue antes, durante e após o exercício.

Os programas de TF devem-se basear nas recomendações dadas pelos profissionais da ciência do exercício; e todos os indivíduos diagnosticados com diabetes devem consultar o médico antes de alterar seu nível de AF.

Como em qualquer programa de exercícios, o treino deve ser interrompido se ocorrerem sintomas adversos durante ou como resultado do exercício.

---

Figura 6 - Recomendações TF em DM2

Adaptado de (Davis & Green, 2007)

O TF está a ser investigado em pessoas com DM2, com orientação para melhorar a hipertrofia e a resistência muscular localizada. Uma consideração ao treinar força em diabéticos é que ao trabalhar com cargas altas existe um aumento nos níveis de pressão arterial sistólica, razão pela qual nem o trabalho isométrico nem o trabalho com cargas próximas a 1 RM seriam indicados, uma vez que podem causar danos nos olhos. Isso leva à recomendação do uso de cargas localizadas em torno de 50-85% 1 RM (Domínguez et al., 2016).

### 2.3.3 Treino Combinado (TC)

O TC é aquele que combina exercícios aeróbicos com os de força, numa mesma sessão de treino ou em diferentes treinos da semana. Esta modalidade de treino tem aumentado a sua adesão e tem sido aplicada por profissionais da área do exercício, principalmente para quem procura obter benefícios ao nível da saúde, não só pela sua diversificada oferta, mas também para se obter o melhor dos benefícios dos dois tipos de treino.

Esta metodologia de treino em DM2 verificou que os regimes combinados de força e exercício aeróbico, melhoram o CG em maior extensão do que as intervenções aeróbicas ou de força isoladamente (De Moura, Natali, Marins, & Amorim, 2011; Moro, Iop, Silva, & Gutierrez Filho, 2012; Oliveira, Simões, Carvalho, & Ribeiro, 2012; Savikj & Zierath, 2020; Sigal et al., 2007). Uma combinação de força e exercício aeróbico pode ser a intervenção mais eficaz para reduzir a HbA1c no pós-exercício (Byrne, Caulfield, & De Vito, 2017), e para melhorar o CG e a SI de forma aguda e crónica (Savikj & Zierath, 2020).

O exercício combinado permite uma melhoria da função muscular esquelética e da capacidade aeróbia, além de ajustes metabólicos que tornam mais eficientes o CG e da aptidão física em adultos mais velhos com DM2 (Reis, Navarro, 2011). A combinação de TA e de TF, pode ser a modalidade de exercício mais eficaz para o CG e lipídios na DM2 (Kirwan et al., 2017).

Num programa de intervenção de TC em pessoas com DM2 atestou que esta proposta de treino foi muito eficaz na redução da fadiga muscular, na melhoria da força muscular, no CG e em vários aspetos da qualidade de vida (Tomas-Carus et al., 2016a). Outro estudo observou que o TC aumentou a massa muscular e reduziu a massa corporal total de gordura, melhorou respostas cardiometabólicas, a força e os desempenhos aeróbicos em paciente com DM2 tratados com insulina (Silveira-Rodrigues et al., 2018).

Aplicando este treino em mulheres pós-menopáusicas com DM2 obteve-se melhorias no CG, tolerância à glicose, na ação da insulina, além de melhorar a tolerância ao exercício e a força muscular (Tokmakidis, Zois, Volaklis, Kotsa, & Touvra, 2004). TA e TF concomitantes, além de melhorarem a aptidão cardiorrespiratória, a aptidão muscular e a composição corporal, tem efeitos anti-inflamatórios, demonstrados por uma diminuição da inflamação sistémica (Annibalini et al., 2017). O TC tem efeitos favoráveis nas variáveis arteriais estruturais, nomeadamente na redução da espessura da camada íntima da artéria carótica (Magalhães et al., 2019). A espessura da camada íntima-média da carótida é considerada um marcador da aterosclerose precoce e parece ser uma boa variável para juntar aos fatores de risco comuns das doenças cardiovasculares e da DM 2 (Lorenz, Markus, Bots, Rosvall, & Sitzer, 2007). O TC aumenta a massa muscular e reduz a massa corporal total de gordura de indivíduos com DM2, melhorando similarmente as respostas cardiometabólicas, de força e desempenho aeróbico, aumentando a capacidade funcional (Silveira-Rodrigues et al., 2018).

Num estudo clínico, combinando o TF com treino intervalado resultou na melhora da capacidade de esforço, diminuição da pressão arterial em repouso, e atenuou o aumento progressivo das necessidades diárias de insulina exógena em pacientes com DM2 de longa data tratados com insulina e com polineuropatia diabética (Praet et al., 2008).

#### **2.3.4 Treino Multicomponente**

Dentro das propostas de treino concorrente podemos enquadrar o treino multicomponente, que se caracteriza por numa mesma proposta de trabalho desenvolvermos várias capacidades associadas à saúde, como a cardiorrespiratória, força

muscular, agilidade, flexibilidade, mobilidade, equilíbrio, cognitivas. Normalmente este é um tipo de trabalho mais direcionado para faixas etárias mais altas e enquadrado em propostas de trabalho comunitário. Podemos identificar este tipo de treino como aquele que está mais próximo do que foi a nossa proposta de intervenção, no âmbito do estudo desta tese.

Um estudo português aplicando esta metodologia demonstrou que um programa comunitário supervisionado de exercícios combinados de longo prazo, desenvolvido com estratégias de baixo impacto, produziu benefícios significativos na aptidão física em pacientes de meia-idade e idosos com DM2. Melhorou significativamente a aptidão aeróbica, força muscular, agilidade/equilíbrio e flexibilidade, avaliada com testes de campo em ambientes comunitários (Mendes, Sousa, Themudo-Barata, & Reis, 2016). Um outro estudo relatou que o protocolo de treino multicomponente promoveu melhora da aptidão funcional e do CG em idosos com DM2 (n=13) (Heubel et al., 2018).

O treino multicomponente pode ser uma alternativa para melhorar a capacidade funcional, a qualidade de vida e alguns parâmetros respiratórios em idosos com DM2, podendo ser considerado um tratamento complementar de déficits relacionados à DM e ao envelhecimento (Barrile et al., 2017). Outro estudo de 12 semanas com 16 pessoas com DM2, onde denominou uma proposta de TA, TF e flexibilidade como programa multimodal, obteve reduções na gordura corporal, melhorias na flexibilidade, aumentos na capacidade aeróbica e no CG (Acar et al., 2014).

Um programa de exercício em contexto doméstico, de força mais equilíbrio, realizado com pessoas com DM2 e neuropatia durante 6 meses, produziu melhorias no estado funcional e confiança de equilíbrio (Venkataraman et al., 2019).

Programas de EF com TF e equilíbrio produzem benefícios reconhecidos na redução de quedas em idosos com DM. Além da idade e da polifarmácia, a perda de força, percepção sensorial, equilíbrio, neuropatia periférica, juntamente com o declínio da função cognitiva, levam a um risco aumentado de queda nesta população (Vinik et al., 2017).

### **2.3.5 HIIT (High-Intensity Interval Training)**

Este tipo de treino começou a ter êxito, primeiro no mundo do treino desportivo e depois no fitness, pelos seus bons resultados na capacidade aeróbica, anaeróbia, e na composição corporal. É caracterizado pela realização de um exercício, ou conjunto de exercícios, durante um período de tempo divididos por frações de esforços intensos, intercalados por frações de recuperação (MacInnis & Gibala, 2017). No meio clínico este

tipo de treino tem vindo a ser testado e a ter resultados positivamente surpreendentes em diferentes patologias (Gibala, Little, Macdonald, & Hawley, 2012).

O HIIT parece ser eficaz na melhoria da saúde metabólica, particularmente naqueles em risco de ou com DM2. Pode ser adequado como uma alternativa ao treino contínuo na promoção da saúde metabólica e perda de peso, particularmente naqueles com DM2 ou síndrome metabólica (Jelleyman et al., 2015).

Uma meta análise conclui que o HIIT tem benefícios ao nível da glicémia em jejum, da HbA1c, na resistência à insulina, na insulina em jejum, na pressão arterial sistólica e diastólica, colesterol total, colesterol HDL e LDL, triglicerídeos, IMC, na relação cintura / quadril, e na circunferência abdominal. As melhorias são mais significativas no VO2 máx. (De Nardi, Tolves, Lenzi, Signori, & Silva, 2018). Este dado é confirmado por outra revisão que apenas analisa a capacidade cardiorrespiratória (Liu, Zhu, Li, Li, & Xu, 2019). No entanto é referido que existem várias lacunas na literatura e nos artigos disponíveis, e é necessária mais investigação para verificar a segurança e precisão no protocolo HIIT (De Nardi et al., 2018).

Abordando os benefícios do HIIT outra revisão refere que a sua aplicação em indivíduos com DM2 demonstrou melhorias CG, composição corporal, VO2máx., pressão arterial e valores lipídicos sanguíneos (Wormgoor, Dalleck, Zinn, & Harris, 2017). Mesmo o HIIT de baixo volume pode melhorar o CG, a aptidão aeróbica e a composição corporal nesta população (Winding et al., 2018). Uma outra revisão bastante recente descreve que o HIIT e o treino de sprints intervalados (SIT) permitem melhorias na SI como consequência do aumento do fluxo sanguíneo, da capacidade oxidativa e da expressão de GLUT 4 no músculo esquelético. Ambas as formas de exercício intervalado produzem efeitos robustos e consistentes na tolerância à glicose e na HbA1c em pacientes com DM2. As reduções na HbA1c sugerem melhorias nas concentrações de glicose pós-prandial em jejum a longo prazo, ilustrando os extensos benefícios do exercício intervalado na regulação da glicose (Jiménez-Maldonado, García-Suárez, Rentería, Moncada-Jiménez, & Plaisance, 2020)

No entanto uma outra revisão conclui que existem poucas evidências da eficácia do exercício de alta intensidade para a redução do DM2 em ensaios clínicos controlados e randomizados. O número de estudos para a análise não dá precisão às afirmações sobre os resultados da intervenção proposta para esse público (Silva et al., 2019). Como podemos constatar a bibliografia não parece ser unanime nas conclusões.

Já outro artigo realça os potenciais benefícios cardiometabólicos do HIIT na DM2, promovendo melhorias no CG e na saúde cardiovascular, mas também realça que estas conclusões foram baseadas em estudos com poucos participantes e duração curta (Francois & Little, 2015).

Outra referencia bibliográfica que analisou o efeito do HIIT na função endotelial, constatou que este treino melhorou a resposta vasodilatadora dependente do endotélio em pacientes com DM2 (Silva et al., 2016). Um estudo realizado em Portugal, concluiu que o HIIT aplicado em DM2 (n=25) teve um impacto efetivo nas variáveis de rigidez arterial periférica e na distensibilidade local da artéria carótida, fornecendo evidências para sugerir que o HIIT crónico pode induzir reduções clínicas significativas nos índices estruturais e funcionais da saúde vascular (Magalhães et al., 2019).

Num estudo com resultados mais promissores aplicando duas semanas de HIT de baixo volume, envolvendo apenas 30 min de exercício vigoroso dentro de um compromisso de tempo total de 75 min/sem, reduziu a concentração média de glicose no sangue em 24 horas, diminui os valores de glicose no sangue após as refeições e aumentou os marcadores da capacidade mitocondrial do músculo esquelético em indivíduos com DM2. De realçar o aumento no conteúdo de GLUT-4 (transportador de glicose) em 369%. Este estudo teve contudo uma amostra baixa (n=8) (Little et al., 2011).

O HIIT parece aumentar a capacidade oxidativa do músculo esquelético, o CG e a sensibilidade à insulina em adultos com DM2. Uma meta-análise recente que quantificou os efeitos dos programas do HIIT na regulação da glicose e na resistência à insulina relatou efeitos superiores para o HIIT em comparação ao TA. Em intervenções com duração de pelo menos 2 semanas, os participantes dos grupos HIIT tiveram uma queda de 0,19% na HbA1c e uma redução de 1,3 kg no peso corporal em comparação aos grupos controlo. Programas alternativos de exercícios de alta intensidade como o CrossFit, apesar dos poucos estudos realizados, parece reduzir a gordura corporal, pressão arterial diastólica, perfil lipídico, aumentar a SI, aumentar a oxidação da gordura basal, aumentar o VO2max e a adiponectina (Kirwan et al., 2017).

Um estudo atual analisou as consequências da aplicação de um protocolo de HIIT em DM2, no controle de apetite nesta população, conclui que o HIIT tem maior probabilidade de provocar respostas nas hormonas do apetite em obesos do que em indivíduos magros com DM2. O HIIT crónico influencia o apetite, alterando a ingestão de energia, na medida em que estimulou a redução do TNF- $\alpha$ , Peptídeo YY, grelina, e também aprimorou a GLP-1, porém são necessárias mais pesquisas para confirmar estes

dados e identificar os mecanismos responsáveis (Afrasyabi, Marandi, & Kargarfard, 2019).

Um outro estudo relatou que o TA melhora a função das células  $\beta$  pancreáticas, no entanto um subconjunto de pacientes com DM2 revela resistência ao exercício, fruto de falta de tempo. De forma a colmatar este obstáculo esta equipa de investigação pretendeu avaliar os efeitos de uma proposta de treino funcional de alta intensidade, baseada no método CrossFit, implicando redução no tempo de prática. O estudo teve apenas 12 pessoas com DM2 e todos sem comorbidades associadas. Concluiu que este tipo de treino também melhora a função secretora de células  $\beta$ , através de um aumento da função das células  $\beta$  durante a resposta da fase inicial à glicose e correlacionou-se significativamente com reduções na gordura corporal abdominal, e fosfatase alcalina no plasma em jejum. O percentual médio de gordura corporal total diminuiu significativamente, enquanto a massa corporal magra foi preservada. Tais dados podem levar a concluir que este tipo de metodologia pode ser uma alternativa (pelo menos em DM2 sem outros problemas associados) eficaz, motivante e permitindo uma redução importante no tempo de prática (Nieuwoudt et al., 2017).

### **2.3.6 Outras Propostas**

Existem outros tipos de atividades que são realizadas regularmente com pacientes com DM2 que não podem ser considerados aeróbicos ou de alta intensidade, uma vez que envolvem ambos os tipos de demandas metabólicas ou não possuem nenhum tipo de monitoramento.

Com essas características podemos enquadrar a prática de desportos coletivos. O é reconhecidamente a modalidade com maior impacto mundial e com maior número praticantes no nosso país. Uma revisão acabada de ser publicada por uma equipa de investigadores portugueses descreve os benefícios promissores da prática de futebol recreativo no CG, perfil lipídico, perfil antropométrico, composição corporal, perfil hemodinâmico e aptidão cardiopulmonar em pacientes com pré-diabetes e DM2, mostrando que o futebol recreativo pode ser uma modalidade alternativa de exercício para promover a AF nessas populações (Barbosa, Brito, Figueiredo, Seabra, & Mendes, 2020).

O futebol tem uma influência positiva na estrutura cardiovascular e, consequentemente, na função cardíaca, melhorando a função sistólica do ventrículo esquerdo e a massa do ventrículo direito (Bangsbo, Junge, Dvorak e Krstrup, 2014; Schmidt et al., 2013). Portanto, o futebol recreativo causa uma redução significativa da

pressão arterial e influência a composição corporal e o perfil lipídico sanguíneo em pacientes com DM2. Deve-se notar que o futebol e a nutrição causaram uma diminuição das lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e triglicerídeos no sangue (Bangsbo et al., 2014). Outro estudo com 22 pacientes com DM2 avaliou o efeito de 24 horas de futebol recreativo no CG, adaptações musculares, composição corporal e captação máxima de oxigênio. O futebol foi realizado por meio de pequenas estratégias de jogo e foram encontrados aumentos no VO<sub>2</sub> máximo, a massa gorda diminuiu de acordo com as mudanças positivas no CG. Salientar que o futebol é um jogo intermitente que estimula o metabolismo aeróbico e anaeróbico. Após 24 semanas, os níveis de glicose caíram no grupo de treino de futebol em comparação ao grupo controle. Aumentou a quantidade de capilaridade que influencia positivamente a extração da glicose extracelular no músculo esquelético (Sousa, Fukui, Krstrup, Dagogo-Jack, & Silva, 2017)

Devido à evolução tecnológica, uma oferta e proposta de EF, ainda mais pela facilidade de ser executado em contexto domiciliário, tem sido os vídeos jogos. Uma revisão analisando os estudos efetuados com esta estratégia de exercício concluiu que as intervenções não mostraram efeito sobre a HbA<sub>1c</sub> em pacientes com DM2, mas mostraram um efeito significativo na qualidade de vida, equilíbrio e força relacionados à saúde. No entanto também refere que estas conclusões são baseadas em um conjunto limitado de evidências e devem ser interpretadas com cuidado (Christensen, Valentiner, Petersen, & Langberg, 2016).

O treino de flexibilidade está associado a aumentos na amplitude de movimentos e a um menor risco de lesões. Uma revisão recente que descreve as diretrizes das principais Federações Internacionais de Saúde, de Cardiologia e Diabetes inclui nos seus guias a flexibilidade como complemento a outros tipos de atividades. A flexibilidade é útil em pacientes idosos com DM2 (Mendes, 2016). Os dados sobre estudos de flexibilidade incluíram amostras pequenas, a motivação, e a intensidade das aulas de ioga para fornecer reduções na hemoglobina glicada foram questionadas, portanto estudos futuros devem ser desenvolvidos com um design correto (Skoro-Kondza, Tai, Gadelrab, Drincevic e Greenhalgh, 2009). Não há evidências de que a flexibilidade seja prescrita como treino diário de rotina. Por esse motivo, a flexibilidade deve ser incorporada aos programas de intervenção como um complemento às atividades aeróbicas, de força, alta intensidade e outras atividades recreativas.

Outro tipo de trabalho que tal como o de flexibilidade deve ser visto como complementar é o de equilíbrio, fundamentalmente em idosos de forma a reduzir os riscos

de quedas. Os idosos com diabetes apresentam menor equilíbrio, reações mais lentas e, conseqüentemente maior risco de quedas do que os indivíduos controle da mesma idade. No entanto, todas essas variáveis melhoraram após o TF e de equilíbrio (Morrison et al., 2010).

## **2.4 Comparação entre propostas de EF**

### **2.4.1 Tipo de EF**

Comparando com exercícios aeróbicos supervisionados ou de força supervisionados isoladamente, o exercício combinado mostrou melhorias mais pronunciada nos níveis de HbA1c, no entanto, houve uma melhoria menos acentuada em alguns fatores de risco cardiovascular. Em termos de perda de peso, não houve diferenças significativas entre os TF, TC, TA supervisionado (Pan et al., 2018). O TA parece ser mais benéfico do que o TF para melhorar a função endotelial na DM2 (Kwon et al., 2011). Num estudo com uma amostra considerável o TA e o TF isoladamente levaram a melhorias no CG, e o TA e TF combinados teve efeitos maiores do que outro método isoladamente. Concluiu-se que somente TA ou TF melhora o CG na DM2, mas as melhorias são maiores com o TC (Sigal et al., 2007). Um outro estudo aplicando os três tipos de treino apresenta resultados semelhantes, concluindo que tanto o TA quanto o TF são intervenções efetivas para o tratamento das complicações da DM2, mas o TC está associado a maiores benefícios (Yavari, Najafipoor, Aliasgarzadeh, Niafar, & Mobasseri, 2012). Num grande estudo de referência concluiu-se que em pessoas com DM2, uma combinação de TA e TF em comparação com o grupo controle melhorou os níveis de HbA1c. Isso não foi alcançado pelo TA e TF isolados (Church et al., 2010). Analisando pessoas com síndrome metabólico e DM2 concomitante (Earnest et al., 2014), concluíram que o TA obtém melhores resultados que o TF. O TA e TC pelos resultados obtidos, devem desempenhar um papel importante no manejo de indivíduos com DM2 que também apresentam características suficientes para também terem síndrome metabólica.

Programas de exercícios aeróbicos mais vigorosos resultaram em maiores reduções na HbA1c, maior aumento no VO<sub>2</sub>máx e maior sensibilidade à insulina, o TF pode ser uma intervenção eficaz para ajudar no CG, obtendo resultados comparáveis com os do TA. O TC parece determinar uma alteração adicional na HbA1c que pode ser considerada significativa se comparada ao TA e TF isolados (Zanusso, Jimenez, Pugliese, Corigliano, & Balducci, 2010).

Uma revisão só comparando o TA e o TF conclui que ambos os treinos apresentam resultados semelhantes nos marcadores de risco cardiovascular e na segurança (Yang, Scott, Mao, Tang, & Farmer, 2014). O TA e o TF parecem similarmente melhorar o controle da glicose e a sensibilidade à insulina em DM2, reduzindo a gordura abdominal visceral e subcutânea (Bacchi et al., 2012).

Outra revisão sistemática sugere que comparadas com TA ou TF isoladas, as intervenções de TC resultaram em melhorias significativamente mais pronunciadas nas variáveis relacionadas ao CG. Em relação a intervenções isoladas, a TA foi mais eficaz na redução da HbA1c e da glicemia em jejum quando comparado ao TF (Schwingshackl, Missbach, Dias, König, & Hoffmann, 2014).

Segundo um artigo recente o TF, o TA e HIIT são capazes de prevenir e combater a resistência à insulina presente na DM2. Todos os tipos de exercícios contribuem para um melhor funcionamento da via PI3K. Eles podem ser realizados para obter benefícios diferentes, como diminuir o nível de glicose no sangue, gerir a pressão sanguínea e reduzir a gordura corporal. Todas essas contribuições do EF ajudam a melhorar a qualidade de vida dos indivíduos com DM2. A frequência do EF para diabéticos não deve ser inferior a três vezes por semana. O TA moderado é recomendado como o melhor e mais seguro EF para indivíduos com DM2 (Sousa, 2018).

Um estudo que comparou 4 grupos de intervenção de EF, num grupo os pacientes foram incentivados a realizar 150 minutos de AF de lazer por semana, autocontrolada, com atividades como caminhar rapidamente, andar de bicicleta ao ar livre, em intensidades baixas a moderadas, com acompanhamento telefónico, incentivados a manter e/ou atingir as metas de exercício. Aos outros 3 grupos foi aplicado uma proposta de TA, TF e TC. Em todas os grupos houve melhorias do perfil metabólico. O TA melhorou mais que os outros tipos de exercício as concentrações de adipocinas e a progressão da espessura médio-íntima da carótida (Kadoglou et al., 2013).

Num dos raros estudos que comparam o HIIT com o TC relata que independente do modo de treino (HIIT vs TC), qualquer um deles é um método eficaz para melhorar a composição corporal, o CG e as adipocinas relacionadas à resistência à insulina, em mulheres com sobrepeso e com DM2 (Banitalebi, Faramarzi, & Nasiri, 2018).

#### **2.4.2 Intensidade do EF**

O TA de intensidade moderada a vigorosa parece produzir maiores benefícios que o TA de intensidade leve a moderada, porque o aumento da intensidade requer o

recrutamento de mais fibras musculares esqueléticas, nas pessoas com DM2. (Olver & Laughlin, 2016).

Embora as evidências existentes sejam um pouco conflitantes, estudos randomizados bem controlados sugerem que, quando controlado pelo gasto total de energia, o exercício aeróbico de intensidade moderada melhora a SI mais do que o exercício aeróbico de intensidade vigorosa. Os mecanismos subjacentes a essa diferença são amplamente desconhecidos. Uma explicação possível envolve o aumento do metabolismo das reservas de ácidos gordos no músculo esquelético por meio de exercícios de intensidade moderada, que podem melhorar diretamente a SI (McGarrah et al., 2016).

Um estudo que faz a comparação entre o HIIT e o treino contínuo de intensidade moderada (MICT) em DM2 de meia idade e idosos, usou no seu protocolo um ergômetro adaptado semelhante a uma bicicleta ergométrica e assim eliminar a preocupação com o equilíbrio e a mobilidade associados à passadeira ou a outros protocolos de exercícios. Para os autores pacientes diabéticos de meia-idade e mais velhos geralmente sofrem de limitações de mobilidade que restringem a caminhada. O treino foi realizado 4 vezes por semana durante 8 semanas sob supervisão, e não apresentou eventos adversos que exigissem hospitalização ou tratamento médico. Concluiu que o HIIT e o MICT nesta proposta de trabalho são, bem tolerados e seguros e resultam em melhorias semelhantes no condicionamento aeróbico em indivíduos de meia-idade e mais velhos com DM2 (Hwang et al., 2019).

Uma meta análise comparando os resultados obtidos com a intervenção do treino contínuo de intensidade moderada, com o intervalado de alta intensidade, conclui que existem benefícios nos dois ao nível da glicémia em jejum, da HbA<sub>1c</sub>, na resistência à insulina, na insulina em jejum, na pressão arterial sistólica e diastólica, colesterol total, colesterol HDL e LDL, triglicerídeos, IMC, na relação cintura-quadril, e na circunferência abdominal. O HIIT apenas proporcionou maiores benefícios no aumento do VO<sub>2</sub>máx. (De Nardi et al., 2018). Este dado é confirmado por outra revisão que apenas analisa este parâmetro concluindo que o HIIT é uma estratégia eficaz para melhorar a aptidão cardiorrespiratória em pacientes com DM2 preferível ao MITC (Liu et al., 2019). No entanto é referido que existem várias lacunas na literatura e nos artigos disponíveis, e é necessária mais investigação para verificar a segurança e precisão no protocolo HIIT (De Nardi et al., 2018).

Atendendo a estas conclusões devemos equacionar a aplicação deste tipo de treino em DM2 considerando os riscos e a segurança do diabético, visto os benefícios serem quase idênticos trabalhando em intensidades moderadas. Apenas em fases adiantadas de um programa de exercício e com pessoas com alta condição física ou como complemento a outros métodos de treino este tipo de trabalho parece ter sentido.

Esta constatação é também entendível num artigo (Helal, Umpierre, & Moraes, 2017) refutando algumas conclusões de um outro estudo (Støa et al., 2017) onde se relata uma superioridade na aplicação de programa de treino intervalado aeróbico de alta intensidade em comparação com um programa aeróbico de intensidade moderada, nos parâmetros de HbA1c e aptidão cardiorrespiratória. Os benefícios do HIIT não devem ser omitidos, mas os mesmos não devem ser sobrepostos aos benefícios do trabalho em intensidades moderadas dentro da população com DM2.

No entanto o HIIT apresenta a grande vantagem de reduzir o tempo de treino necessário, e poder revelar-se mais motivante (Del Vecchio, Galliano, & Coswig, 2013; Jiménez-Maldonado et al., 2020; Winding et al., 2018).

Pelo menos em indivíduos de baixa aptidão física, como indivíduos sedentários com DM2, o treino em baixa intensidade é aproximadamente tão eficaz quanto o treinamento em alta intensidade na melhoria dos fatores de risco modificáveis para doença cardiovasculares, sugerindo que, para fins práticos, a intensidade é uma questão menos importante que o volume e o tipo de treino, quando o exercício é aplicado como uma forma de terapia nestes indivíduos (Balducci et al., 2012).

Uma revisão chega mesmo a relatar que o HIIT, apesar dos benefícios similares que apresenta nos resultados a intensidades mais baixas de treino, apresenta riscos cardiovasculares mais elevados (Sousa, 2018).

Um estudo comparando o TA contínuo (60-65% VO<sub>2</sub> máx.) e o TA intervalado (4 minutos 50% VO<sub>2</sub> + 1 minuto 80% Vo<sub>2</sub> máx.) concluiu que ambos os treinos exerceram efeitos benéficos no CG, aptidão física e função micro e macrovascular em pacientes com DM2. No entanto, o treino intervalado foi mais eficaz do que o treino contínuo em muitos desses parâmetros e algumas melhorias foram observadas apenas no grupo intervalado (Mitranun, Deerochanawong, Tanaka, & Suksom, 2014).

Um outro estudo, inovador e pertinente, aplicou o TC durante 6 meses, onde três grupos experimentais trabalharam em zonas de TF diferentes, com alterações na intensidade e volume do treino, mas com TA idêntico. O objetivo era comparar diferentes volumes e intensidades de TF combinado com TA para avaliar o CG e a saúde

cardiovascular em pessoas com DM2. O estudo concluiu que não houve diferença significativa no CG de longo prazo com TF de alta ou baixa intensidade, e que três meses de TC foram suficientes para mostrar melhorias na HbA1c (Yang et al., 2017).

Numa investigação recente avaliando o impacto do HIIT mais o TF com MICT mais o TF, conclui que a combinação de MCT com TF melhorou a composição corporal e a aptidão cardiorrespiratória, após uma intervenção de 1 ano em indivíduos com DM2 (Magalhães et al., 2019) .

## 2.5 Exercício e Medicação na DM2

Muitas vezes descorado pelos profissionais do exercício o conhecimento da medicação e os seus efeitos sobre o exercício, neste caso na DM2, é de extrema importância, na medida em que tal facto pode aumentar a segurança na execução da prática de EF. Perceber a influência que a farmacologia desta patologia pode ter sobre os efeitos e potenciais benefícios do EF (figura 7), é essencial no trabalho desenvolvido com pessoas com esta problemática associada.

TRATAMENTO MÉDICO DA DM2 E EFEITOS NO EXERCÍCIO				
	Medicação	Tipo (não exclusivo)	Efeito(s)	Potencias complicações com o exercício
Primários (os medicamentos primários incluem aqueles associados ao controle glicêmico)	Insulina	Insulina Regular, Insulina Glargina, Insulina Detemir	Hormona necessária para os tecidos usarem a glicose	Hipoglicémia
	Biguanidas	Metformina	Diminui a produção de glicose no fígado	Hipoglicémia
			Diminui a absorção intestinal de glicose	Náuseas Angústia gastrointestinal
	Sulfonilureias (secretagogos de insulina)	Nateglinida, repaglinida, clorpropamida, tolbutamida, glipizida	Estimular a secreção de insulina	Hipoglicémia
	Tiazolidinedionas	Pioglitazona, rosiglitazona	Aumentar a sensibilidade à insulina	Hipoglicémia Ganho de Peso Edemas
	Inibidores da glucosidase	Acarbose, miglitol, voglibose	Decomposição lenta de açúcares no intestino delgado	Angústia gastrointestinal
	Inibidores de dipeptidil peptidase 4	Peptídeo semelhante ao glucagon	Melhorar a função pancreática	Hipoglicémia Tonturas Dor de Cabeça

<b>Secundários (medicamentos secundários incluem aqueles associados a comorbidades comuns da DM (por exemplo, obesidade, hipertensão, dislipidemia))</b>	Orlistate	Xenical, Alli	Diminuir a absorção de gordura no intestino delgado	Angústia gastroin-testinal
	Beta Bloqueantes	Propranolol, nadolol, timolol, acebutolol, atenolol	Diminuir a frequência cardíaca e a pressão arterial	Atenua a taquicardia Acumulação sanguínea Exaustão por calor / insolação (pode resultar da incapacidade de detectar adequadamente mudanças na temperatura corporal)
	Estatinas	Atorvastatina, simvastatina, pravastatina	Diminuir as lipoproteínas de baixa densidade e aumentar as lipoproteínas de alta densidade	Miosite (inflamação, degeneração do tecido muscular esquelético) Rabdomiólise (lesão muscular) Dores musculares
	Diuréticos tiazídicos	Bendroflumetiazida, hidroclorotiazida, benztiazida	Diminuir a pressão arterial	Depleção de eletrólitos Tonturas Fraqueza Espasmos e câibras musculares

Figura 7 – Medicação e EF na DM2

Adaptado de (Grabert & Feito, 2013)

Embora existam vários agentes anti-hiperglicêmicos disponíveis, incluindo a adição de novas classes de medicamentos ao algoritmo de tratamento, mesmo assim mais de 50% dos pacientes com DM2 não atingem alvos glicêmicos pretendidos, sugerindo uma necessidade urgente de estratégias de tratamento (entre as quais o EF), com foco na prevenção e progressão da DM2 e suas complicações a longo prazo (Fujiwara et al., 2019).

Não há dúvida de que o exercício regular pode ser benéfico na obtenção de melhorias na saúde em geral. No entanto, para pacientes com DM, o exercício também pode levar a desafios na manutenção do equilíbrio da glicose sanguínea, principalmente se os pacientes usarem insulina ou certos agentes hipoglicêmicos orais (Zaharieva & Riddell, 2017).

Os diabéticos tipo 2 numa fase inicial normalmente usam medicação oral, sendo o medicamento usualmente mais utilizado a metformina (a grande maioria da população do nosso estudo). Em estados mais avançados da patologia é administrada a insulina exógena. Toda a medicação para a DM2 pode ter como efeito do EF a hipoglicémia (Albright, 2013). No entanto alguma bibliografia não corrobora com a ideia de que a medicação oral provoca hipoglicémia, nomeadamente a metformina (Hansen et al., 2013, Garcia, 2017).

A metformina é o único medicamento do grupo farmacológico das biguanidas disponível em Portugal. Aumenta a sensibilidade do tecido muscular e adiposo à ação da insulina, levando à diminuição dos níveis séricos de ácidos gordos (Lopes, Eliseu, 2019).

O EF regular ajuda a normalizar o metabolismo patológico alterado do lactato em pacientes com DM2, enquanto o tratamento farmacológico com metformina, que é comumente usado na terapia de primeira linha da DM2, contribui para níveis elevados de lactato em vez de combatê-los (Brinkmann & Brixius, 2015), resultado do aumento da atividade glicolítica, mas o efeito é geralmente pequeno (Owen, Doran, & Halestrap, 2000). Tal valoriza o papel crucial da terapia através do EF em pacientes com DM2 (Brinkmann & Brixius, 2015).

Um estudo comparando o efeito da metformina e do EF isolados e em conjunto, conclui que a adição de metformina ao EF não altera as melhorias na sensibilidade à insulina, pode é diminuir efeitos do exercício, nomeadamente o  $VO_{2max}$ , mas em pré diabéticos. (Malin, Gerber, Chipkin, & Braun, 2012). A metformina e o EF podem ter efeitos não aditivos ou inibitórios nas melhorias induzidas pelo exercício no CG e na capacidade do exercício (Linden et al., 2019). Um estudo tentado perceber o uso concomitante de metformina e exercício conclui que existe um aumento da FC durante o exercício com metformina, podendo levar à prescrição de menores cargas de trabalho. Verificou-se maiores concentrações plasmáticas de metformina com o exercício, e não se verificou efeitos aditivos da metformina e do exercício sobre a glicemia em resposta à alimentação (Boulé et al., 2011). Outro estudo interessante aplicando TA em idosos que tomaram metformina, os resultados revelaram que a metformina inibiu o aumento da respiração mitocondrial do músculo esquelético, e atenuou o aumento da SI, no entanto a metformina não inibiu outras melhorias do TA (Konopka et al., 2019).

Mas este tema não é consensual nos resultados. Segundo Boulé (2011), metformina e o EF podem afetar-se mutuamente de diferentes maneiras, no entanto, até o momento, a magnitude dos efeitos observados em seres humanos tem sido

relativamente pequena. Este mesmo autor fazendo parte de uma equipa de investigação, num estudo posterior, concluiu que a metformina não afeta significativamente as melhorias na HbA1c e na glicemia em jejum, na condição física e na antropometria, após 6 meses de TA, TF ou TC, mas aqui a heterogeneidade de idades foi relativamente grande (39-70 anos) (Boulé et al., 2013). Um outro estudo português comparando estas duas terapêuticas isoladas e em conjunto, em idosos com DM2, conclui que a terapêutica com a metformina não teve efeito significativo na qualidade de vida. O exercício e as duas terapias combinadas melhoraram os domínios de vigor, raiva e distúrbios do humor total, qualidade de vida física e mental. Tais factos levaram a concluir que o EF e terapia combinada foram as terapias de longo prazo mais eficazes para melhorar os estados de humor e a qualidade de vida em idosos com DM2 (Baptista et al., 2017).

Outro estudo bastante recente defende que o uso destes dois tipos de terapia (EF + Metformina) associados, revelaram maiores ganhos na capacidade funcional (Eltonsy et al., 2019). Pacientes que tomem este tipo de medicação têm um risco muito baixo de ter uma hipoglicémia relacionado com o EF pelo que não se indicam reduções no tratamento e se deverá considerar a necessidade de realizar aumento de consumo de hidratos de carbono (Garcia, 2017).

A adição de dois tratamentos metabolicamente benéficos não equivale necessariamente ganhos de saúde adicionais, sendo ainda necessário identificar a prescrição de exercícios para prevenção /tratamento metabólico ideal na DM2 (figura 8). Neste sentido uma dúvida pertinente que se levanta é se os médicos devem co-prescrever metformina (ou estatinas/antioxidantes) com exercícios como terapêutica, ou se apenas o tratamento com exercícios é suficiente para reduzir o risco de diabetes. A resposta parece ser complexa. Como podemos constatar nos artigos já citados as elucidações não são unânimes e apresentam conclusões dispares nesta temática em concreto. Um artigo recente fazendo uma reflexão acerca deste assunto com base na informação atual deixa a indicação de que o exercício sozinho parece ser o "medicamento" ideal a ser prescrito como uma terapia de primeira linha para reduzir o risco de DM2 em indivíduos com resistência à insulina, reconhecendo que o EF não melhora da mesma forma a SI e o CG em todos os indivíduos, e agentes farmacológicos, como a metformina, devem ser considerados, além do exercício para promoção da perda de peso, que com o tempo pode contribuir para melhorar a saúde cardiometabólica (Malin & Braun, 2016).

No entanto parece que a metformina pode atenuar alguns dos efeitos do EF na redução da pressão arterial sistólica e da proteína C-reativa e, conseqüentemente

contribuir para prevenir uma diminuição no número de fatores de risco da síndrome metabólica. Apesar da metformina isoladamente reduzir os mesmos fatores de risco de DCV comparativamente ao exercício isolado, as melhorias na aptidão cardiorrespiratória após o exercício são um dos melhores preditores de DCV e mortalidade precoce (Braun, Malin, Nightingale, Choi, & Chipkin, 2013). É importante reconhecer que a metformina parece ter efeitos distintos em vários tecidos (por exemplo, músculo esquelético, adiposo, vasculatura e fígado), e o grau de benefício varia dependendo de qual tecido ou resultado que se deseja obter. A falta de informação e de estudos que possam deixar perceber sobre qual dose de metformina (ou outros agentes) que deve ser combinada com exercícios para maximizar a saúde, é outra grande dúvida levantada (Malin & Braun, 2016). De referir que muitos destes resultados são com amostras de pessoas saudáveis com tolerância à glicose diminuída e, portanto, parece que estas conclusões devem ter aplicação prática em estágios de prevenção ou de tratamento precoce da DM2. Mais estudos, concretamente com população DM2 com mais anos de patologia, mais idosa ou mesmo tratada com insulina devia ser alvo de intervenções.

	Metformina	EF	Metformina + EF
Perda de peso	↑	↔	↑
VO2 máx.	↔↓	↑	↔↑
Glicémia em jejum	↔	↔	↔↓
Glicemia pós-prandial / HbA1c	↓	↓	↔↓?
Jejum/Gordura usada no exercício	↔	↑	↔↑
Uso de hidratos de carbono estimulado pela insulina	↑	↑	↔↑
Taxa de aparecimento de glicose	↓	↔↓	↔↑
Baixa de glicose estimulada pela insulina	↑	↑	↔↑
Pressão Arterial	↓	↓	↔↓
Colesterol/Triglicéridos	↓	↓	↓
Ácidos Gordos Livres	↓	↑↓	↔↑
Inflamação	↓	↓	↔↓
Função Vascular	↑	↑	?
AMPK	↑	↑	?

↑aumenta; ↓diminui; ↔mantêm; o ponto de interrogação (?) Refere-se a áreas de pesquisa desconhecidas na comparação do tratamento combinado com qualquer um dos tratamentos isoladamente.

Figura 8 - Efeitos comparativos da metformina, exercício ou exercício com metformina nos resultados metabólicos, adaptada de (Malin & Braun, 2016)

Em relação à insulina não existe muita bibliografia que analise os efeitos da terapia usando a insulina exógena com o EF, existe sim recomendações. O que podemos

salientar é que, como já abordámos anteriormente, o EF aumenta a SI, logo deve-se tomar precauções tais como evitar o exercício no pico de ação da insulina, ter em conta que tipo de insulina o diabético toma (curta, media ou longa duração) e o local de administração (Garcia, 2017). Devemos ter em conta a alta variabilidade interindividual nas respostas da glicémia ao exercício. Vários fatores podem afetar as estratégias de utilização de insulina para o exercício, incluindo a intensidade, a duração e o tipo de atividade que está sendo realizada. Em geral, a dose de insulina em unidades deve ser reduzida em 25% a 75%, dependendo da duração e intensidade do exercício. Para atividades que ocorrem no estado pós-prandial, para reduzir o risco de hipoglicemia para exercícios aeróbicos prolongados, muito tempo depois da absorção da refeição (ou seja, 3 ou mais horas após a refeição), recomenda-se a redução da dose basal de insulina bem antes (60 a 90 minutos) do início do exercício, quando possível. Para exercícios anaeróbicos, ajustes na insulina geralmente não são necessários durante a atividade, mas pequenas correções de insulina em unidades podem ser necessárias após o exercício, se houver hiperglicemia. O ideal é que a atividade planeada siga um padrão regular (ou seja, mesma hora do dia, mesma intensidade, mesma duração), para que estratégias de dosagem de insulina possam ser incorporadas rotineiramente com algum grau de ajuste, com base nas respostas individuais (Zaharieva & Riddell, 2017).

A bibliografia também enfatiza benefícios inerentes à farmacoterapia em associação com o EF. A interação entre dieta, exercício e farmacoterapia, com o objetivo de modificar a dieta e o estilo de vida, juntamente com a farmacoterapia para aumentar os níveis de GLP-1, parece resultar num bom CG, potenciando a redução dos efeitos da doença e melhorando a qualidade de vida em pacientes com DM2 (Fujiwara et al., 2019).

Talvez por se verificar algumas condicionantes na potencialidade dos efeitos benéficos do EF quando associado à medicação, a ciência tem vindo a procurar soluções e alternativas. É interessante verificar que em estudos com animais com DM2 a aplicação de EF com fármacos, por vezes tem a vantagem de potenciar ambos efeitos benéficos. Num estudo realizado recentemente analisando a interação entre um inibidor de SGLT2 e o EF, os resultados foram bastante prometedores, com efeitos superiores nos benefícios associados a ambas terapias, deixando uma porta aberta para mudanças no atual padrão da prática clínica para o exercício e o co-tratamento farmacoterapêutico na DM2 (Linden et al., 2019).

As estatinas são outro medicamento muito prescrito para pessoas com DM2, por força da alta prevalência de dislipidemia neste grupo. No entanto devemos ter em atenção

que este fármaco provoca dores musculares o que pode condicionar a prática de exercício, nomeadamente dores nas pernas a caminhar. De referir que a metformina associada à estatina parece reduzir ligeiramente este impacto negativo (Carris et al., 2018).

## **2.6 Prescrição de Exercício na DM2**

É evidente que o EF é uma estratégia segura e eficiente, que oferece diferentes opções de treino, para prevenir e atenuar as alterações fisiopatológicas associadas ao DM2. É possível obter benefícios por meio de exercícios aeróbicos de baixa, moderada e alta intensidade, além de exercícios intermitentes, combinados e resistidos. É o profissional do exercício no processo de acompanhamento e supervisão do diabético que deve reconhecer e prescrever, individualmente, a melhor solução baseada nas condições clínicas, fisiológicas, psicológicas e sociais de cada paciente. No entanto, tal pode não ser suficiente, os profissionais do exercício devem oferecer diferentes possibilidades de treino para que o paciente, de acordo com suas preferências, tenha um maior comprometimento com o tratamento. Por fim, é importante realçar que um bom profissional deve estar atualizado e usar todas a informação disponível para uma melhor prescrição, orientação e supervisão (Nunes, 2017).

Para prescrever exercícios no contexto da DM, é importante considerar como a fisiologia do EF interage com a fisiopatologia e o manuseamento médico da doença crónica do paciente. A prescrição de EF deve ser personalizada, com base nos hábitos, preferências, motivação e tolerância individuais, ao invés de uma prescrição geral que descreve a duração, intensidade e frequência do exercício, baseada em testes clínicos (Balducci, Sacchetti, et al., 2014).

Antes de se chegar à prescrição final é importante passar por diferentes fases que garantam uma eficaz avaliação, segurança na prática e otimização na intervenção do EF (figura 9).

## **Triagem pré-participação e intervenção de exercícios em pessoas com DM2**

### **Fase I – Avaliação Pré Exercício**

<i>Avaliação de Risco Geral</i>	PAR-Q (exames adicionais caso se justifique)
<i>Risco Médico Específico</i>	Triagem cardiovascular, neurológica (periférica e autonómica) e ortopédica: encaminhar ao médico em caso de anomalias graves ou previamente não detetadas; O rastreamento da nefropatia e retinopatia não é viável: o histórico médico / registos devem ser examinados; Consulte o médico em caso de: hipertensão não tratada (pressão arterial 140/90 mm Hg), angina de peito, distúrbios do ritmo cardíaco previamente não detetados, claudicação intermitente não tratada (coxear), hiperglicemia em jejum, episódios de hipoglicemia frequentes, feridas não tratadas em extremidades inferiores, caquexia ou perda repentina de peso corporal, neuropatia autonómica ou periférica não tratada, ou distúrbios de visão não tratados.
<i>Controlo Glicémico</i>	Valores de laboratoriais da glicémia em jejum e HbA1c; Tratamento medicamentoso (biguanida, sulfonilureia, insulina, inibidor de alfa-glucosidase, sequestrador de ácido biliar, meglitinida, inibidor de DDP-4, tiazolidinediona, agonista de dopamina, agonista do receptor de GLP-1, medicação para baixar a pressão arterial, colesterol e anticoagulação)
<i>Parâmetros de Saúde</i>	Risco de queda (TUG) Nível de atividade física (pedómetro / acelerómetro) Composição corporal (bio impedância, circunferência da cintura) Capacidade resistência ao exercício (teste de Astrand, 6 minutos a caminhar) Força muscular (teste de força de preensão manual)

*Levar em consideração a motivação do paciente para o EF*

### **Fase II - Garantir a segurança durante o EF**

*Levar em consideração as comorbidades cardiovasculares, neurológicas, nefrológicas, retiniais e ortopédicas antes de iniciar o EF*

<i>Otimizar o CG</i>	Verifique o nível de glicose no sangue antes e após o EF (deve ser 4,2-16,7 mmol / L, 75-300 mg / dL); Reduzir a terapia com medicação / insulina em caso de baixo nível de glicose no sangue (4,2 mmol / L, 75 mg / dL) ou sintomas de hipoglicemia antes do EF; Aumentar a ingestão de carboidratos em caso de baixo nível de glicose no sangue (5,5 mmol / L, 100 mg / dL) ou sintomas de hipoglicemia antes do EF; Ajustar as modalidades de treino (reduzir o gasto energético total do exercício em caso de baixo nível de glicose no sangue ou sintomas de hipoglicemia; não executar exercícios de alta intensidade em caso de nível de glicose no sangue 16,7 mmol / L, 300 mg / dL).
----------------------	---

<p><i>Otimizar Segurança Cardiovascular</i></p>	<p>Avaliar a frequência cardíaca em repouso (60-100 bpm) e durante o exercício (frequência e ritmo); Avaliar a pressão arterial no início e no final da sessão de exercícios (140/90 mm Hg).</p>
<p><i>Otimizar a Segurança Médica Geral</i></p>	<p>Retinopatia: evitar exercícios de alta intensidade (80% VO<sub>2</sub>max); Nefropatia: evitar hipertensão (pressão arterial sistólica 180 mm Hg) durante o exercício; Febre: adiar o EF até que a temperatura corporal seja restaurada; Neuropatia periférica (com ferida no pé): evite exercícios com peso Gravidez: consultar o ginecologista Neuropatia autonômica: verificar regularmente a frequência cardíaca e a pressão arterial; Consultar o médico quando: se observa desenvolvimento ou agravamento da hipertensão, angina de peito, ritmo cardíaco distúrbios, desenvolvimento ou agravamento da taquicardia em repouso, desenvolvimento ou agravamento de claudicação, desenvolvimento ou agravamento da hiperglicemia de jejum, episódios de hipoglicemia frequentes, desenvolvimento ou agravamento de feridas nas extremidades inferiores, caquexia, neuropatia autonômica ou desenvolvimento ou agravamento dos distúrbios da visão.</p>

***Fase III – Otimizar a intervenção do EF***

Realizar 3 a 5 dias de exercício por semana;  
Combinar o TF com TA;  
Atingir uma duração mínima de exercício de 150 minutos / semana;  
Visar o aumento permanente do nível de AF;  
Em caso de obesidade aumentar o volume do exercício ou gasto calórico (para 250 minutos / semana);  
Em caso de sarcopenia ou diminuição de força muscular: aumentar o volume do TF;  
Avaliar a intensidade do exercício através da FC de reserva;  
Acompanhar os valores de HbA1c no sangue (meta de 6,5%) para avaliar o impacto da intervenção do exercício.

Figura 9 - Fases de avaliação e intervenção para otimização da prescrição de EF na DM2  
Adaptado de (Hansen et al., 2013)

## 2.7 Principais Guidellines

<b>Tipo de Exercício</b>	<b>Intensidade</b>	<b>Duração</b>	<b>Frequência</b>	<b>Fonte</b>
<b>Aeróbico</b> (Grandes Grupos Musculares) Ex. Caminhar, Correr, Bicicleta e Nadar	Moderada 40-59% VO <sub>2</sub> res. 55-69% FCmáx 12-13 ESE Ou Vigorosa 60-84% VO <sub>2</sub> res. 70-89% FCmáx. 14-16 ESE	Moderada -210 minutos por semana Vigorosa – 125 minutos por semana	Não estar mais de 2 dias consecutivos sem fazer exercício.	Exercise prescription for patients with type 2 diabetes and pre-diabetes: A position statement from exercise and sport science Australia, Hordern, et al, (2012)
<b>Força</b> (exercícios multiarticulares, progressivo, grandes grupos musculares)	De moderada a vigorosa 8-10 exercícios 2-4 séries 8-10 repetições 1-2 minutos de descanso	60 minutos por semana (incluir nos totais anteriores)	2 ou mais vezes p/semana	

<b>Tipo de Exercício</b>	<b>Intensidade</b>	<b>Duração</b>	<b>Frequência</b>	<b>Progressão</b>	<b>Fonte</b>
<b>Aeróbico</b> Atividades prolongadas e rítmicas usando grandes grupos musculares (por exemplo, caminhar, ciclismo e natação).	Moderado a Vigoroso (na Escala Subjetiva de esforço de “moderado” a “muito duro”)	Pelo menos 150 min / semana em intensidade moderada a vigorosa para a maioria dos adultos com diabetes Para adultos capazes de correr regularmente a 6	3 a 7 dias / semana, no máximo 2 dias consecutivos sem exercício	Uma maior ênfase deve ser dada à intensidade vigorosa do exercício aeróbico, se a aptidão física for um objetivo primário do	Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association, Colberg et. al (2016)

*Pode ser feito continuamente ou como HIIT.*

**Força**  
*(Máquinas de musculação, pesos livres, bandas de elásticas e / ou peso corporal)*

		milhas por h (9,7 km / h) por 25 min, 75 min / semana de atividade vigorosa podem permitir benefícios cardio protetores e metabólicos semelhantes.		exercício e não contraindicada. Tanto o HIIT quanto o treino contínuo são atividades apropriadas para a maioria das pessoas com DM.
	Moderado (por exemplo, 15 repetições de um exercício que pode ser repetido até 15 vezes) a vigoroso (por exemplo, 6 a 8 repetições de um exercício que pode ser repetido não mais do que 6 a 8 vezes)	Pelo menos 8-10 exercícios com a realização de 1 a 3 séries, de 10 a 15 repetições, até à fadiga por série em todos os exercícios.	Um mínimo de 2 dias não consecutivos / semana, mas de preferência 3	

<b>Tipo de Exercício</b>	<b>Intensidade</b>	<b>Duração</b>	<b>Frequência</b>	<b>Progressão</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Considerações</b>	<b>Fonte</b>
<b>Aeróbico</b> (Caminhada, ciclismo, nadar)	40-60% VO <sub>2</sub> res.	150 minutos/semana Intensidade moderada a vigorosa	3 a 7 dias p/semana no máximo 2 dias consecutivos sem exercício	O desenvolvimento da progressão depende de inúmeros fatores incluindo estado inicial, idade, peso, estado de saúde, e objetivos individuais	Depende do paciente. Gasto calórico 1000 a 2000 Kcal/sem	Evitar exercício no pico da insulina. Avaliar complicações vasculares e neurológicas. Aquecimento e retorno à calma são importantes. Usar calçado apropriado.	Clinical Exercise Physiology, Albright (2013)
<b>Força</b> (máquinas de resistência, pesos livres, bandas elásticas) 5 a 10 exercícios envolvendo grandes grupos musculares	Moderada (até 50% 1 RM) ou vigorosa até (75-85% 1 RM)	8 a 15 repetições por série, 1 a 3 séries por tipo ou específico exercício	2 a 3 dias por semana, mas não consecutivos	O tolerado. Começar com força resistente.		Evitar temperaturas extremas. Evitar fazer exercício quando glicemia está baixa. Hidratação adequada. Deve-se monitorizar a glicemia e seguir guidelines, prevenindo hiperglicemia e hipoglicemia	
<b>Flexibilidade</b> (Estática)		10 a 30 segundos cada grupo muscular	Alongar no treino de força	O tolerado			

## 2.8 Recomendações para a Prática de EF em Pessoas com DM2



Figura 10 - Recomendações para a prática de EF para Diabéticos Tipo 2

Adaptado de (Colberg et al., 2010; Goday-Arnó, Menéndez-Torre, Barrio-Castellanos, & Novials-Sardá, 2017)

## 2.9 Aball 1

O Aball 1 é um jogo constituído por um kit de 50 bolas numeradas, 25 de cor azul e 25 de cor vermelha, e por 50 cones, 25 de cor amarela e 25 de verde (figura 11). Cada bola contém um número e uma letra. Nas bolas, os números de 0 a 9 são repetidos cinco vezes. Nas 50 bolas, encontra-se o alfabeto inteiro de A a Z. A distribuição de letras é semelhante ao jogo Scrabble, havendo mais bolas 'A' do que bolas 'Z', por exemplo. Isso oferece uma gama enorme de possibilidades para escrever e ler (Aball1, n.d.). Os 50 cones servem para apoiar as bolas, delimitar campos, transportar bolas, ou mesmo servirem de referência para efetuar deslocamentos.



Figura 11 - Kit Aball 1

Este jogo foi criado na Noruega em contexto escolar de forma a proporcionar a crianças e jovens aprendizagens diversas através da prática de exercício. Os autores tinham com objetivo de criar uma estratégia de participação ativa, de forma a evitar problemas sociais, através da atividade física, incentivando a cooperação e fazendo aprendizagens de forma divertida (Aball1, n.d.).

A filosofia de criação do jogo é baseada em três pilares fundamentais (figura 12):

- Criar um contexto na qual as pessoas que o experienciem possam-se sentir seguras e obter uma experiência de domínio, que são experiências que resultam na elevação da avaliação das habilidades por um indivíduo num domínio de habilidade específico (Gebhart & Schmidt, 2013), onde o respeito e a cooperação mútuos podem ajudar a criar um ótimo ambiente;

- Oferecer uma experiência positiva, através da atividade física, de uma maneira que envolva até aqueles que normalmente não são muito ativos;

- Motivar a aprendizagem. Criar um ambiente em que todos desfrutam da experiência de aprender e onde aqueles que têm problemas em aprender através dos métodos tradicionais recebem uma nova maneira de obter conhecimento.

(Aball1, n.d.)



Figura 12 – Filosofia Aball 1

Adaptado de (Aball 1, n.d.)

## ATIVIDADE FÍSICA

Aball1 dá a todos, mesmo aqueles que normalmente não realizam regularmente atividade física, a motivação para serem fisicamente ativos por meio de uma variedade de exercícios divertidos, informais e semelhantes a jogos e desafios de grupo. Ajuda na luta contra a obesidade e riscos de saúde associados.

## INCLUSÃO SOCIAL

O Aball1 oferece a todos a oportunidade de experimentar a forte componente social associada aos desportos coletivos. Por meio de uma competição informal, os participantes aprendem a formar equipes e a utilizar qualidades únicas que promovam a inclusão.

## APRENDIZAGEM

Os jogos Aball1 criam um ambiente de aprendizagem positivo, permitindo uma abordagem cinestésica e sensorial na aprendizagem, e dando uma oportunidade de participar positivamente na sua própria educação.

O Aball1 permite uma série de jogos que ensinam numeracia, alfabetização, ciência, educação em saúde, e que podem ser adaptados para apoiar quase qualquer assunto. Cada jogo é projetado para criar um ambiente de aprendizagem inclusivo e divertido, com os participantes a trabalhar em equipa para resolver tarefas e desafios.

(Aball1, n.d.)

A possibilidade de trabalhar com este jogo surge na sequência de uma análise bibliográfica de propostas de EF para pessoas com DM2, onde podemos constatar que a sua maioria se cinge às propostas tradicionais de TA, TF e TC e à análise das alterações fisiológicas. Neste sentido fomos ao encontro de outras formas de exercício que insiram outro tipo de estímulos de forma a melhorar outras variáveis como as cognitivas e ao mesmo tempo pudessem proporcionar prazer na prática. Após uma pesquisa encontrou-se uma forma lúdica de EF que permitia englobar estes objetivos que é o Abball1. Depois de uma revisão na literatura da área, verificou-se que nunca foi empregue qualquer tipo de estudo, pelo que se justifica a presente investigação.

### **3. Metodologia**

#### **3.1 Desenho do estudo**

A presente investigação é um estudo quase-experimental na qual participaram pessoas com DM2 do concelho de Gouveia, sendo avaliadas nos parâmetros da aptidão física, qualidade de vida, desempenho cognitivo e satisfação na prática.

#### **3.2 Amostra**

A amostra deste estudo (figura 13), foi recolhida nas consultas de DM na unidade de saúde familiar de Gouveia, pertencente à ULS da Guarda, nos meses de setembro e outubro de 2019. Foi dado a conhecer o estudo e os objetivos do mesmo. A todos foi endereçado o convite para participar no grupo de exercício, ou em alternativa (caso não apresentassem disponibilidade para participar com regularidade) no grupo de controlo. Foram contactadas 56 pessoas com DM2, dos quais 27 se disponibilizaram numa fase inicial fazer parte do grupo de intervenção (GI), e 25 para fazer parte do grupo de controle (GC). Apenas 4 por desinteresse, ou por falta de transporte próprio não aceitaram participar no estudo. Dos 27 que numa fase inicial se disponibilizaram para o grupo de intervenção, 9 quando foram contactados para o início da intervenção desistiram, o que significa que a aplicação do Aball1 começou numa fase inicial com 18 pessoas. Durante o estudo em diferentes períodos e por diferentes razões 5 pessoas deixaram de participar, mas, entretanto, na fase inicial da intervenção por informação de terceiros, 2 pessoas incorporaram o GI. O GI finalizou com uma população de 15 pessoas, 8 homens e 7 mulheres, com idades compreendidas entre os 60 e 82 anos ( $70.4 \pm 7.1$  anos). Neste grupo 4 pessoas tinham como terapia medicamentosa a insulina, e as restantes 11 a metformina.

No GC as 25 pessoas foram contactadas para realizar os testes pré intervenção e 9 alteraram a sua disponibilidade, pelo que ficou reduzido a 16 pessoas. Este grupo ficou composto por 4 homens e 11 mulheres com idades compreendidas entre os 50 e 84 anos ( $68.8 \pm 10.8$ ). Este grupo tinha 2 pessoas como terapêutica medicamentosa a insulina, e as restantes 11 a metformina.

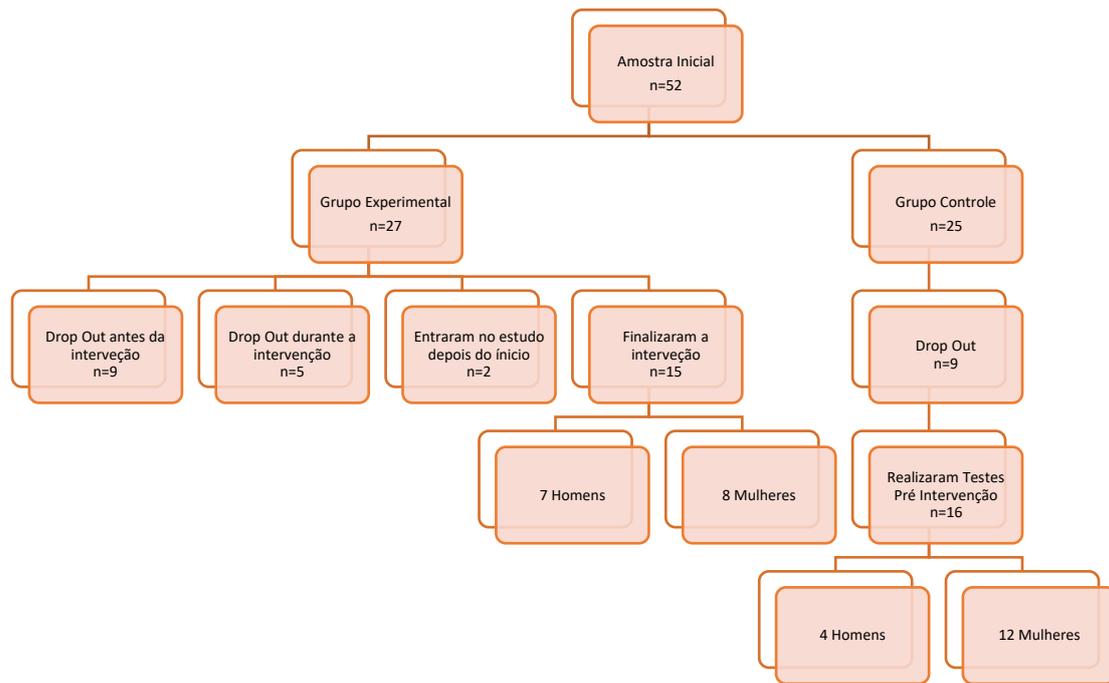


Figura 13 – Diagrama de Fluxo da Amostra

Para participar no estudo os pacientes tiveram como critérios de inclusão não ter cormobilidades associadas (nomeadamente o pé diabético, retinopatia e nefropatia diabética), não ter sintomas e patologias cardíacas, pulmonares ou musculoesqueléticas graves, ter vida independente sem alterações da marcha ou equilíbrio, não serem fumadores, sem participação em programas de exercício supervisionado nos últimos 6 meses, e finalmente, disponibilidade para participar num estudo de EF supervisionado. Para aferição do cumprimento destes requisitos, foram informados todos os respetivos médicos de família da participação dos seus pacientes no estudo, de forma a terem o aval clínico e despistagem de contraindicações dos participantes. Do mesmo modo, os pacientes poderiam ser excluídos do estudo caso iniciassem paralelamente outro programa de exercício físico supervisionado e/ou outro.

Antes do início da intervenção, foi apresentado o programa explicando os objetivos. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e informado. De igual modo, foi garantido a confidencialidade dos dados recolhidos e a ocultação da identidade da pessoa em imagem de fotos ou vídeos caso fossem exibidos em qualquer evento de carácter científico. O estudo foi aprovado pela comissão de ética da Universidade de Évora estando de acordo com a declaração de Helsínquia de 1975 (“World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects,” 2013).

### 3.3. Procedimentos

Foi proposto as todos os participantes do grupo de intervenção a prática de três sessões semanais de 45 minutos em dias alternados, ou seja, às segundas (Pavilhão Municipal), quartas (Pavilhão Agrupamento de Escolas) e sextas (Centro de Saúde), numa primeira fase às 15 horas e numa fase posterior por disponibilidade de horários e a pedido do grupo passou a realizar-se às 14:30. Foi recomendado a todos os participantes que fizessem o teste de glicémia antes do exercício e caso tivessem valores abaixo de 100 mg/dL consumirem a quantidade de hidratos de carbono recomendada, e caso tivesse acima de 300 mg/dL voltar a medir antes de realizar o EF e caso o valor se mantivesse era recomendado a não fazer exercício e reportar ao médico. Foi aconselhado que no pós exercício este teste fosse novamente realizado de forma a prevenir hipoglicémias. Caso os valores pós exercício provocassem hipoglicémias recorrentes era aconselhado consultar o médico, de forma a ajustar a medicação, nomeadamente nos insulínodépendentes.

O estudo teve a duração de 15 semanas, com início no dia 2 de dezembro de 2019 e finalizado a 9 de março de 2020, contabilizando 41 sessões no total. De acordo com os princípios FIIT, o programa de intervenção pode ser descrito da seguinte maneira:

**Frequência:** 3 sessões semanais;

**Intensidade:** de acordo com o estado inicial dos participantes. Aumento gradual de leve para moderado;

**Tempo:** unidades de treino de 45 minutos

**Tipo:** Proposta de exercícios multimodal com base nos jogos do manual do Aball 1.

A sessão tinha como base propostas e adaptações do jogo Aball1, promovendo uma proposta de trabalho multicomponente. Estruturalmente, de forma simplista a sessão era dividida da seguinte forma (figura 14).

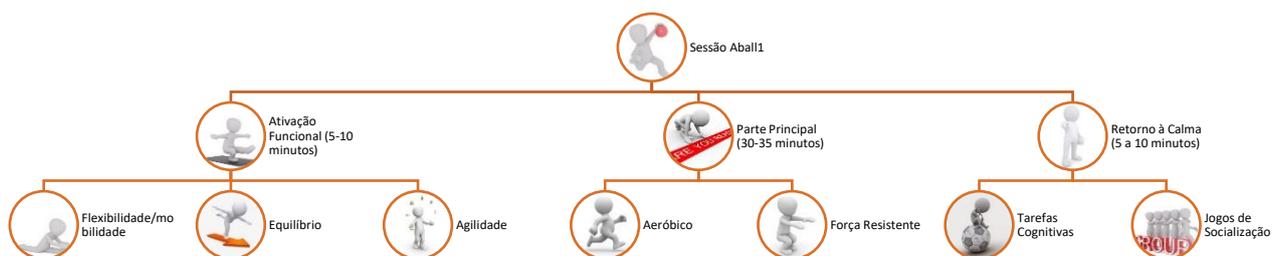


Figura 14 - Estrutura da Sessão

**Aquecimento** (5 a 10 minutos) – nesta parte inicial da sessão foram-se solicitando exercícios de baixa intensidade como adaptação fisiológica ao exercício, como deslocamentos ligeiros, flexibilidade estática e dinâmica executados com auxílio de uma das bolas do kit do Aball1, no próprio lugar e/ou com apoio da parede, dos principais grupos musculares. Com uma ou duas bolas promoveram-se exercícios de mobilidade de ombro, torácica, pélvica e do tornozelo fundamentalmente. De forma a dar diferentes estímulos nas diferentes sessões, nesta fase solicitámos exercícios de equilíbrio com o auxílio da bola em apoios unipedais estáticos e dinâmicos com aumentos de instabilidade. Aproveitando o facto de o kit ter bolas e conchas inúmeros circuitos de foram contruídos e desenvolvidos como forma de desenvolver a agilidade e coordenação motora.

Esse período pretendeu um aumento gradual da frequência cardíaca e a respiratória, preparando para o funcionamento eficaz e seguro do coração, vasos sanguíneos, pulmões e músculos durante os exercícios mais vigorosos que se seguiram. Um bom aquecimento reduz a intensidade da inflamação muscular e articular que experimentamos durante as fases iniciais do programa de exercícios, e pode reduzir o risco de lesões (Kenney, Wilmore, & Costill, 2012).

**Parte Principal** (30 - 35 minutos) – Nesta fase foram solicitadas tarefas motoras que fossem ao encontro de objetivos de trabalho, quer fossem de índole cardiorrespiratório quer de resistência muscular, procurando trabalhar em intensidade moderadas de acordo com a recomendações para esta população. Através de jogos já contruídos e recolhidos no manual do jogo Aball1, ou por adaptações feitas com outro tipo de jogos, ou mesmo através da criação de novas estratégias e metodologias tentou-se ir ao encontro do desenvolvimento, fundamentalmente da capacidade cardiorrespiratória e resistência muscular combinadas, no fundo uma proposta de treino concorrente, pois como defende a bibliografia anteriormente citada parece ser a que melhor resultado apresenta nesta população. O tempo utilizado para trabalhar cada capacidade variava de sessão para sessão. As propostas aeróbicas eram realizadas através deslocamentos variados em diferentes intensidades, contínuos e intervalados, quando se pretendia aumentos de intensidades enquadra-se a componente lúdico-competitiva ao exercício, individualmente ou em grupos. O intuito era melhorar a capacidade e eficiência de nossos sistemas cardiovascular, respiratório e metabólico (Kenney et al., 2012) . A resistência muscular era solicitada de diferentes formas, com base nos agachamentos

necessários para apanhar a bola do solo, com exercícios específicos, como agachamentos, afundos, elevações de pernas e braços, atirar a bola, ou utilizando uma resistência, como uma parede ou o chão. Este tipo de trabalho era feito ou em jogo, por tempo, por repetições e séries, ou repetições máximas. De referir que em todos os exercícios era utilizada a bola e/ou as conchas do kit, e sempre que possível fazer jogos ou relações, utilizando os números e as letras que cada bola tem.

**Retorno à Calma** (5-10 minutos) – esta fase final da sessão era destinada a exercícios de baixa intensidade, focado em jogos de estimulação cognitiva e/ou estratégias focadas no trabalho de grupo. O objetivo nesta fase com a diminuição de intensidade é ao mesmo tempo não promover uma paragem brusca após exercícios mais intensos, impedir a acumulação de sangue nas extremidades o que pode provocar vómitos e desmaios, e evitar um aumento brusco de catecolaminas que pode provocar arritmias (Kenney et al., 2012).

No final de cada sessão de exercício os participantes eram avaliados em três parâmetros de autorrelato/comportamentais. A intensidade na tarefa utilizando a escala subjetiva de esforço de Borg de 6-20 (Borg, 1982), na satisfação aquando da prática aplicando a versão portuguesa do PACES (*Physical Activity Enjoyment Scale*) (Teques, Calmeiro, Silva, & Borrego, 2018), e da versão em português do Brasil da *Feeling Scale* (Alves, Panissa, Barros, Franchini, & Takito, 2019). Através destes dados foi controlada a assiduidade dos participantes.

### **3.4 Instrumentos de Avaliação**

O GI e o GC realizaram os testes pré intervenção na aptidão relacionada com a saúde, nos parâmetros cognitivos, e na qualidade de vida (figura 15). Estava previsto realizar testes fisiológicos nos dois grupos, com base nos parâmetros bioquímicos sanguíneos, mas tal não foi possível por questões de logísticas e adesão. No final das sessões o GI realizou os testes de autorrelato/comportamentais atrás descritos. No final da intervenção todo o grupo experimental repetiu os testes, no entanto os mesmos realizaram-se exatamente no início do período de confinamento do covid-19 o que por indicação médica impediu que um dos participantes realizasse estes testes pós intervenção. Este facto impediu ainda de se realizar todos os testes pós intervenção ao grupo de controle. De seguida esquematicamente resumiremos os parâmetros e os testes de avaliação realizados.

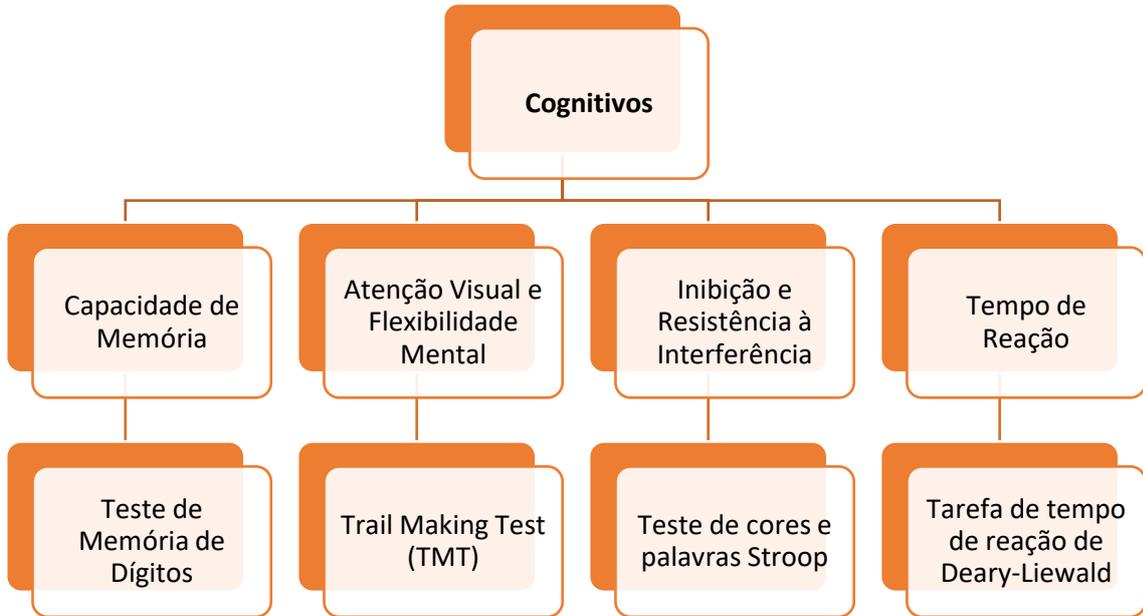
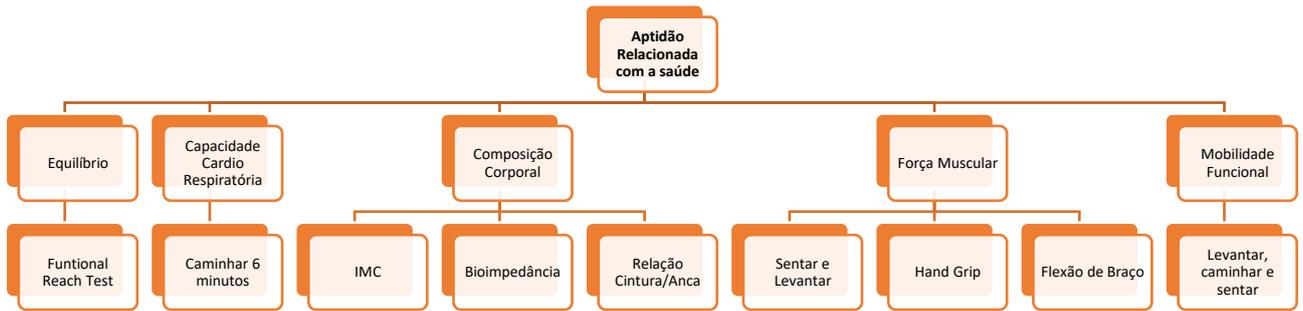


Figura 15 – Instrumentos de Avaliação

### 3.4 1 Aptidão Relacionada com a Saúde

#### 3.4.1.1 Equilíbrio – *Functional Reach Test (FRT)*

O FRT (figura 16) é um dos muitos testes de equilíbrio realizados em posição de pé usados com idosos e adultos com várias patologias e condições médicas. Há evidências de sua confiabilidade e validade para adultos mais velhos (Bohannon, Wolfson, & White, 2017). É uma ferramenta de mensuração e avaliação para determinar o equilíbrio dinâmico em uma tarefa simples. Podemos definir o alcance funcional como a diferença entre o comprimento do braço e o alcance máximo para a frente, usando uma base fixa de suporte, sem perder o equilíbrio ou mover os pés. É útil para detetar o comprometimento no equilíbrio, e alteração no desempenho do equilíbrio ao longo do tempo. (Duncan, Weiner, Chandler, & Studenski, 1990). Os valores obtidos mostram ser um preditor de risco de quedas (Duncan, Studenski, Chandler, & Prescott, 1992).

O teste foi realizado numa sala isolada, com uma fita métrica fixa à parede paralela ao chão, na altura acromial do executante, solicitando que fosse realizado descalço. Era solicitado que a pessoa se colocasse em pé lateralmente à parede com o ombro paralelo à mesma, fechar a mão direita em punho e levantar o braço direito com o cotovelo estendido até que o punho ficasse à altura da fita métrica. A medida inicial era o ponto na vara correspondente à extremidade distal do terceiro metacarpo. De seguida era solicitado ao avaliado que tentasse alcançar o mais longe possível sem cair ou dar um passo. Foram executadas duas tentativas e era registada a média (Heyward, 2013).

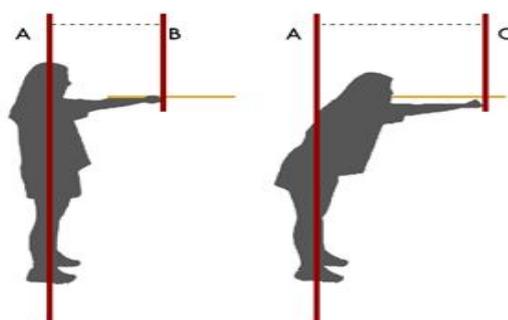


Figura 16 - *Functional Reach Test*

**Crítérios para interromper o teste:** Os pés levantaram do chão ou caíram para a frente. Muitas pessoas caem para frente com este teste. O avaliador deve estar próximo por uma questão de segurança.

### 3.4.2 Capacidade Aeróbica

#### 3.4.2.1 Teste do andar 6 minutos

Este teste faz parte de um conjunto criado e desenvolvido para avaliar a população sénior, denominado *Senior Fitness Test* desenvolvido por Rikli and Jones (2001), com o objetivo de avaliar a capacidade aeróbica (Rikli & Jones, 1998). É um método barato, relativamente rápido, seguro e bem tolerado de avaliar a capacidade funcional na população idosa e clínica (Ross, Murthy, Wollak, & Jackson, 2010). Avalia as respostas globais e integradas de todos os sistemas envolvidos durante o exercício, incluindo os sistemas pulmonar e cardiovascular, circulação sistémica, circulação periférica, sangue, unidades neuromusculares, metabolismo muscular, e o nível submáximo de capacidade funcional. Como a maioria das atividades da vida diária é realizada em níveis submáximos de esforço, este teste pode refletir melhor o nível de exercício funcional para as atividades físicas diárias (Crapo et al., 2002).

Foi montado um circuito total de 50 metros, com 20 metros de comprimento e 5 de largura, num pavilhão, com a colocação de conchas (pertencentes ao kit do Aball1) a cada 5 metros. Foi solicitado aos participantes a caminharem em volta do circuito o mais rápido possível durante 6 minutos. O valor obtido é foi a distância percorrida durante esse tempo (Batista, Sardinha, 2005).



**Precauções:** Foi recomendado parar o teste em caso de ocorrência de tontura, dor, náuseas ou fadiga. Foram colocados bancos suecos próximos do circuito para o caso de uma pessoa precisar de se sentar ou repousar durante o teste.

### 3.4.3 Composição Corporal

#### 3.4.3.1 IMC – Índice de Massa Corporal

O IMC é utilizado para classificar as pessoas como obesas, com sobrepeso, normal, e com deficit de peso. Serve para identificar indivíduos em risco de doenças relacionadas à obesidade e monitorizar alterações de gordura corporal de populações clínicas, sendo um importante preditor de doenças cardiovasculares e DM2. Tem a vantagem de ser facilmente calculado, no entanto é limitado porque não dá conta da composição da massa corporal (Heyward, 2013).

O IMC é calculado pela razão do peso corporal pela altura ao quadrado ( $IMC = \text{peso (kg)} / \text{altura}^2 \text{ (m)}$ ). Para aferir o peso utilizámos uma balança de bio impedância Tanita BC-601, com as pessoas descalças e vestidas. Para os que dispunham de um pacemaker foi utilizada a balança SECA 762 disponibilizada pelo Centro de Saúde. A altura foi retirada da ficha clínica de cada pessoa do programa.

#### 3.4.3.2 Impedância Bioelétrica

Este é um método rápido, não invasivo e relativamente barato para avaliar a composição corporal em situações de campo (Heyward, 2013). As técnicas de bioimpedância são baseadas na “injeção” em meio biológico (corpo humano, tecido ou cultura de células) de uma corrente elétrica alternada de intensidade muito baixa. Uma das aplicações mais destacadas da bioimpedância na área da saúde é a estimativa da composição corporal, que é normalmente aplicada para avaliar o estado nutricional e de hidratação. É utilizada em diferentes áreas clínicas, onde destacamos, a inflamação crónica, obesidade e ciências do desporto (Naranjo-Hernández, Reina-Tosina, & Min, 2019).

A balança de bioimpedância utilizada nas avaliações foi o modelo Tanita BC-601 (figura 17), a qual estimou os valores do IMC, do peso (kg), percentagem de massa gorda, peso da massa magra (kg), peso da massa óssea (kg), e percentagem de gordura visceral (%).



Figura 17 - Balança de Bioimpedância Tanita BC-601 (utilizada no estudo)

Foi solicitado aos participantes para que antes de realizar estas avaliações cumprissem com as seguintes recomendações: estar hidratado; idealmente, não ter comido ou bebido nas 4 horas prévias ao teste; idealmente, não ter realizado exercício físico nas 12 horas anteriores; Idealmente, não ter consumido álcool nas 48 horas anteriores; Idealmente, não ter utilizado diuréticos nos 7 dias anteriores; ter urinado nos últimos 30 minutos; ter retirado o máximo de roupa possível (idealmente o teste é realizado só com a roupa interior); ter retirado os metais do corpo, caso seja aplicável; ter retirado componentes eletrónicos como telemóveis, relógios ou similares (ESACA, 2017).

#### **3.4.3.3 Relação Cintura/Anca**

O objetivo desta medição foi o de avaliar a relação entre a medida da cintura com a da anca. Os índices de gordura central, incluindo a circunferência da cintura e a relação cintura-anca, independente da adiposidade geral, foram positiva e significativamente associados com um maior risco de mortalidade por todas as causas (Jayedi, Soltani, Zargar, Khan, & Shab-Bidar, 2020), sendo superiores ao IMC na predição do risco de doenças cardiovasculares. Tal baseia-se na lógica de que o aumento do tecido adiposo visceral está associado a uma variedade de anormalidades metabólicas, incluindo diminuição da tolerância à glicose, da SI, e perfis lipídicos adversos, que são fatores de risco para DM2 e problemas cardiovasculares (Habibzadeh, 2020; Nishida, Ko, & Kumanyika, 2010).

As condições prévias para as medições foi o participante despir as peças de vestuário pesadas, tais como casacos e camisolas grossas, ficando de preferência em roupa interior. Caso não fosse possível realizar o teste em roupa interior, tinha de ser garantido que não existe qualquer tipo de pressão na zona abdominal quando são retiradas as medidas. Solicitou-se ao participante que se retirasse o cinto ou desabotoar as calças/saia, caso fosse necessário. A medida da cintura deve ser realizada em contacto direto com a pele; se tal não fosse possível, retirada sob a camada mínima de roupa (ESACA, 2017)

Foi utilizada para realizar as medições uma fita de medição de circunferência ergonómica SECA 201. Durante a medição foi pedido para o participante permanecer numa posição ereta, com pés juntos mantendo uma distribuição uniforme do peso corporal, a olhar para a frente e com os braços pendentes e relaxados ao longo do corpo.

Ambas as medidas foram retiradas do lado direito do participante, paralelamente ao chão. A medida da cintura foi retirada no local correspondente à distância média entre o bordo superior da crista ilíaca e o bordo inferior da última costela flutuante. A medida da anca foi retirada na zona de maior volume visível ao nível dos glúteos (ESACA, 2017).

### 3.4.4 Força Muscular

#### 3.4.4.1 Hand Grip

O objetivo deste teste é medir a força isométrica máxima dos músculos da mão e do antebraço. A força isométrica é medida como a força máxima exercida em uma única contração contra uma resistência fixa (Heyward, 2013). Foi utilizado como instrumento de medição um dinamômetro “Jamar Plus Digital Hand Dynamometer”, com número de série 2016010737 (figura 18).



Figura 18 - Dinamômetro Digital Jamar (utilizado no estudo)

Com a pessoa de pé numa posição em que o ombro estivesse numa colocação neutra, ao lado do corpo, foi solicitado ao participante que apertasse a pega o mais forte possível. Foram realizadas duas medições com um espaçamento mínimo de 15 segundo, e foi retirado o valor médio. As medições foram feitas com a mão dominante (Cetinus, Buyukbese, Uzel, Ekerbicer, & Karaoguz, 2005).

A força de preensão manual é um indicador amplamente utilizado de aptidão muscular, um marcador de fragilidade e preditor de uma variedade de morbidades e mortalidade por todas as causas (Willems et al., 2017). Pode ser utilizado como preditor de DM2, (Wander et al., 2011; Yeung, Au Yeung, Fong, & Schooling, 2019), marcadores cardio metabólicos associados (Chong et al., 2020) e de disfunção muscular associada à DM comumente observada nos músculos esqueléticos, nomeadamente da força muscular periférica da parte superior do corpo (Ma, Liu, Wu, & Li, 2019).

#### 3.4.4.2 Teste do Sentar e Levantar

Este teste foi realizado para avaliar a força e resistência dos membros inferiores, associada à capacidade de realização da maioria das atividades da vida diária e à maior ou menor propensão para quedas (Batista, Sardinha, 2005; ESACA, 2017). Está validado para ser aplicado em pessoas com DM2 (Barrios-Fernández et al., 2020). Também pode ser utilizado como avaliador da capacidade física em idosos com DM2, nomeadamente para estimar o VO2 e o limiar anaeróbico (Nakamura et al., 2019).

Foi utilizada a mesma cadeira para todos os participantes, que foi colocada junto a uma parede, com uma altura de aproximadamente de 43 cm. Antes da execução o mesmo foi explicado e exemplificado. Foi solicitado aos participantes que se sentassem a meio da cadeira com as costas direitas e os pés afastados à largura dos ombros e totalmente apoiados no solo. Um dos pés podia estar ligeiramente avançado para ajudar a manter o equilíbrio. Os braços estavam fletidos sobre o peito em X. Ao sinal de partida o participante eleva-se até à extensão máxima (posição vertical) e regressa à posição inicial de sentado (sentar completamente), o máximo de vezes que conseguir durante 30 segundos.



Figura 19 - Teste Sentar e Levantar

#### 3.4.4.3 Teste de Flexão do Antebraço

O objetivo deste teste foi o de avaliar a força e resistência do membro superior, associada à capacidade de realização das atividades da vida diária que envolvam levantar e transportar objetos (Batista, Sardinha, 2005; ESACA, 2017).

Com o executante sentado numa cadeira com encosto junto a uma parede (sem apoio para os braços), com o tronco direito e apoiado no encosto e os pés assentes no chão, com o haltere seguro na mão dominante (figura 20), solicitou-se que ao sinal “iniciar” fizesse a flexão do antebraço no sentido completo do movimento e depois regressasse à posição inicial de extensão do antebraço o número máximo de vezes corretamente durante 30 segundos. Os homens realizaram com um haltere de 3 kg, e as senhoras com um haltere de 2kg.



Figura 20 - Teste de Flexão do Antebraço

### 3.4.5 Mobilidade Funcional

#### 3.4.5.1 Sentado, Caminhar 2,44 metros e voltar a sentar

Com este teste, também denominado por *Timed Get-Up and Go Test (TUG)*, pretendeu-se avaliar a mobilidade física, a velocidade, a agilidade e o equilíbrio dinâmico do participante, associada à capacidade de realização da atividade da vida diária que requerem manobras rápidas. (ESACA, 2017). Este teste tem uma confiabilidade alta para a maioria da população com DM2 (Dominguez-Muñoz et al., 2019)

Foi posicionada uma cadeira contra a parede. Centrado com a cadeira, foi colocado um cone à distância frontal de 2,44 m - medida a partir do bordo exterior do cone de marcação até ao ponto vertical apurado do bordo anterior da cadeira. Foi explicado verbalmente e demonstrado o teste. Após a demonstração, o participante foi convidado a fazer uma tentativa experimental. Como posição inicial pré execução foi recomendado estar totalmente sentado na cadeira (postura ereta), mãos nas coxas e pés totalmente assentes no solo (um pé ligeiramente avançado em relação ao outro, podendo inclinar ligeiramente o tronco à frente). Ao sinal de “partida” o participante eleva-se da cadeira, podendo empurrar as coxas ou o assento da cadeira, caminha o mais rápido possível, contorna o cone por qualquer dos lados e regressa à cadeira, sentando-se. Foi solicitado que executassem duas tentativas e recolhido o melhor tempo, à centésima de segundo.



Figura 21 - Teste Sentado, Caminhar 2,44 metros e voltar a sentar

### 3.4.6 Cognitivos

#### 3.4.6.1 Capacidade de Memória – Teste de Memória de Dígitos

Para avaliar a memória, foi administrado o subteste *Digit Span da Wechsler Adult Intelligence Scale-III* (WAIS III). O teste consistiu em duas tarefas. Na tarefa *Digit Span Forward*, os participantes foram solicitados a memorizar uma sequência numérica e repeti-la verbalmente na mesma ordem. Na tarefa *Digit Span Backward*, os participantes foram instruídos a repetir a sequência de números na ordem inversa. O número de itens em cada série foi aumentado progressivamente. Uma pontuação foi atribuída separadamente para cada tarefa, e uma pontuação total foi calculada a partir da soma de ambas as pontuações (Wechsler, 2008).

#### 3.4.6.2 Flexibilidade Mental – Trail Making Test (TMT)

Este teste foi usado para avaliar a pesquisa visual, flexibilidade mental e velocidade de processamento de informação (Leite et al., 2020).

##### 3.4.6.2.1 TMT-A

Este teste pretende avaliar a atenção e velocidade de processamento (com uma componente visomotora), e requer a rápida conexão de círculos numerados (Gao et al., 2015). Os participantes foram convidados a desenhar linhas para conectar (o mais rápido possível) consecutivamente 25 números circundados. O tempo foi iniciado quando o participante foi solicitado a começar. Os participantes foram autorizados a levantar o lápis da página. Sempre que um erro era cometido, o examinador o apontava e indentificava-o. Após essa observação, o examinador marcou a parte errada e guiou o participante até o último círculo concluído corretamente. O teste foi interrompido após 200 segundos ou

após quatro erros, a menos que o avaliado estivesse a três círculos do final (Cavaco et al., 2013).

#### **3.4.6.2.2 TMT-B**

Avalia a flexibilidade cognitiva que exige a conexão rápida de círculos numerados com letras em uma sequência alternada. (Gao et al., 2015). Pediu-se aos participantes que desenhassem linhas para conectar números e letras consecutivamente alternados, alternando entre as duas sequências (por exemplo, 1-A-2-B, etc.) progressivamente até o número 13. Os participantes foram estimulados a unir os círculos o mais rápido possível. O tempo foi iniciado quando o participante foi solicitado a começar. Os participantes foram autorizados a levantar o lápis da página. Sempre que um erro era cometido, o examinador apontava-o e identificava. De seguida, o examinador assinalou a parte errada e guiou o participante até o último círculo concluído corretamente. A condição de teste não foi administrada se o participante não pudesse executar a condição de prática (ou seja, cometeu mais de dois erros). A condição de teste foi interrompida após 400 s ou após quatro erros, a menos que o participante estivesse dentro de três círculos no final. (Cavaco et al., 2013).

#### **3.4.6.3 Inibição e resistência à interferência – Teste de Cores e Palavras Stroop**

O paradigma de *Stroop* é um dos métodos mais antigos usados para avaliar a capacidade de atenção e de resposta inibitória. Este teste possui, vários mecanismos psicológicos subjacentes, tais como a memória, velocidade de processamento da informação e activação semântica (MacLeod, 1991).

O Teste de *Stroop* consiste na utilização de três cartões numa folha A4. Cada um deles contém 100 estímulos/elementos, organizados em 5 colunas com 20 estímulos/cada. O primeiro cartão é composto pelas palavras "vermelho", "verde" e "azul", dispostas aleatoriamente e impressas em tinta preta sobre um fundo branco. O segundo cartão é composto por 100 estímulos iguais ("XXXX"), impressos em tinta vermelha, verde ou azul. O terceiro cartão é composto pelas palavras do primeiro cartão impressas nas cores do segundo cartão.

Foi pedido ao participante para no primeiro cartão que ler as palavras (por coluna), o mais rápido que conseguisse. Se chegasse ao final da quinta coluna, antes do tempo limite, deveria começar novamente na primeira coluna. Na segunda tarefa, pedido ao participante que nomeasse o mais rapidamente possível, as cores apresentadas por coluna;

mais uma vez, se o participante finalizasse a quinta coluna antes do tempo limite deveria retomar à primeira. Na terceira tarefa, o participante foi convidado a identificar a cor em que estava escrita cada palavra, sem ter em conta o significado da mesma. O tempo limite para cada umas das três tarefas que constituem o Teste de *Stroop* foi de 45 segundos.

O examinador assegurou que o participante desse as respostas corretas. Sempre que o indivíduo o fez incorretamente, o examinador pediu-lhe que a corrigisse e só após a correta retificação é que pode prosseguir com a tarefa. O número de respostas corretas foi registrado para cada tarefa. Um score de interferência foi calculado de acordo com o manual do teste (Fernandes, 2013).

#### **3.4.6.4 Tempo de Reação - Tarefa de Tempo de Reação de Deary-Liewald**

O tempo de reação simples e de escolha em condições de tarefa única e multi tarefa foi avaliado com a tarefa de tempo de reação de *Deary-Liewald* (Deary, Liewald, & Nissan, 2011).

Na tarefa de tempo de reação simples (SRT), o participante pressionou uma tecla do teclado do computador (HP Pavilion 15-CS0018NP) o mais rápido possível em resposta a uma única tarefa/ estímulo (uma cruz aparece dentro de um quadrado na tela do computador). Na tarefa de tempo de reação de multi tarefa (CRT), aparecia no ecrã do um de quatro estímulos e os participantes deveriam pressionar o botão que correspondia à resposta correta, ou seja eram visualizados 4 quadrados e aparecia um X num deles, se aparecesse no primeiro o avaliado tinha que carregar na tecla correspondente e assim sucessivamente. O X aparecia aleatoriamente.

Todas as tarefas de tempo de reação envolveram 8 ensaios de prática, e o teste 20 ensaios. O intervalo inter-estímulo variou entre 2 e 5 se foi randomizado dentro desses limites (Marmeleira, Galhardas, & Raimundo, 2018). O tempo médio de reação (ms) foi calculado para cada participante em cada tarefa.

### **3.4.7 Autorelatados/Comportamentais**

#### **3.4.7.1 Intensidade na Tarefa – Escala de Perceção Subjetiva de Esforço de Borg (ESE)**

A perceção de esforço é um indicador amplamente usado e confiável para monitorar e orientar a intensidade do exercício. Permite que os indivíduos classifiquem subjetivamente o seu nível de esforço durante o exercício (Williams, 2017). A escala

original foi desenvolvida em indivíduos saudáveis para correlacionar-se com a FC em exercício, permitindo que os indivíduos entendessem melhor a terminologia.

A FC é comumente usada para identificar a intensidade do exercício em indivíduos não diabéticos, no entanto aqueles com DM2 podem desenvolver neuropatia autonómica, o que afeta a resposta da frequência cardíaca ao exercício, e consequentemente o uso da FC como único meio de monitorar a intensidade pode ser inadequado para alguns indivíduos com DM2. Um complemento mais apropriado para medir a intensidade da atividade física pode ser o uso da escala ESE, especialmente naqueles que não requerem limites específicos de FC (Albright et al., 2000).

A ESE é um método válido, embora um pouco menos preciso que a frequência cardíaca, para monitorar a intensidade do exercício em indivíduos diabéticos (Colberg, Swain, & Vinik, 2003), tendo sido validada especificamente para DM2 (Rosales et al., 2016).

Na nossa intervenção foi utilizada a escala de 6-20 (Borg, 1982), em que cada número da escala está associado a uma FC ou percentagem do consumo máximo de oxigénio ( $VO_{2max}$ ), que estima a intensidade do exercício (Rosales et al., 2016). No final de cada sessão era dado a cada participante uma folha com a respetiva escala e onde tinham que identificar o valor de intensidade percecionada naquela sessão especificamente. Nas primeiras sessões era feita uma explicação breve, nas seguintes as pessoas já respondiam de forma autónoma.

Na sessões iniciais ainda utilizámos dois cardiofrequencímetros (polar H7, polar Oh1), complementados com a aplicação Polar Beat para análise e acompanhamento da FC. O objetivo era perceber a relação entre a FC real e a percecionada, no entanto após a análise dos primeiros dados deixou-se de usar este método de avaliação da intensidade, visto os mesmos serem condicionados pela medicação dos participantes. A maioria tinha como farmacologia complementar betabloqueadores para a hipertensão, o que limitou os valores da FC. Logo este método não seria fiável. Sendo assim foi optado por fazer a análise da intensidade utilizando apenas a Escala de Borg.

#### **3.4.7.2 Avaliação da Qualidade de Vida**

Para a avaliação dos efeitos do nosso programa na qualidade de vida utilizámos a adaptação portuguesa do questionário *Audit of Diabetes Dependent Quality of Life* (ADDQoL) (Costa, Guerreiro, & Duggan, 2006). Foi dado para preenchimento pré e pós intervenção ao grupo experimental. O grupo controle apenas preencheu os questionários

na fase inicial do estudo, não realizando os mesmos à posteriori, devido ao confinamento provocado pelo covid-19.

O ADDQoL versão portuguesa inclui 2 perguntas introdutórias e 18 itens específicos, com o objectivo de avaliar, de acordo com a perspectiva do doente, o quão melhora a sua vida seria se não tivesse diabetes e o quão importante são cada um destes 18 aspectos da vida para o indivíduo. As escalas variam entre -3 e 3 para as percepções da qualidade de vida e entre 0 e 3 para a importância atribuída, sendo ambas consideradas para a obtenção de uma pontuação ponderada (variando entre -9 "pior qualidade de vida" e 9 "melhor qualidade de vida percebida") (Costa et al., 2006). As perguntas avaliam o impacto da DM2 na vida profissional, vida familiar, vida social, vida sexual, aspeto físico, atividades físicas, férias/atividades de lazer, facilidade em viajar, confiança nas capacidades, motivação, reação da sociedade, preocupações com o futuro, situação financeira, dependência, condições de vida, liberdade de comer, prazer da comida e liberdade para beber (Mendes et al., 2016).

#### **3.4.7.3 Satisfação na Prática - *Physical Activity Enjoyment Scale (Paces)***

Este instrumento foi utilizado para avaliar o prazer na prática de exercício físico utilizando o Aball1 como ferramenta. Foi utilizada a versão portuguesa adaptada e validada do PACES de 8 perguntas de Mullen, et. al. (2011). A versão em português de 8 itens do PACES é um instrumento válido e confiável para medir o prazer da atividade física, sendo considerado adequado para usar como medida de influência nos estudos de intervenções de adesão ao exercício (Teques et al., 2018). Este teste já foi aplicado e validado em populações seniores (Mullen et al., 2011). Esta versão em português de 8 itens do PACES é um instrumento válido e confiável para medir o prazer da atividade física em praticantes de EF, sendo adequado como medida de afeto em estudos de intervenções de adesão ao exercício (Teques, Calmeiro, Silva, & Borrego, 2020).

As 8 perguntas escalonadas de 1 a 7, foram disponibilizadas e preenchidas no final de cada sessão por cada um dos participantes individualmente e isoladamente. As perguntas incidiram sobre os seguintes parâmetros referentes à sessão: agradável, divertida, porreira, revigorante, gratificante, animada, estimulante e refrescante.

#### **3.4.7.4 Sensação na Prática – *Felling Scale (FS)***

Para avaliar a sensação na prática foi utilizada a tradução de português do Brasil (não existe ainda para português de Portugal) da escala original FS de Hardy e Rejeski,

1989 (Alves et al., 2019). O objectivo foi perceber se as sessões permitiram aos participantes obter sensações positivas, que estão relacionadas com a adesão à prática. Este instrumento foi aplicado em simultâneo com a PACES no final de cada sessão. A escala tinha a pergunta “Como se está a sentir agora?”, adaptada da original “Como você está se sentindo agora?”, à qual os participantes quantificavam de -5 a 5, relativos a muito mal e a muito bem respectivamente (ver anexos).

### 3.5. Análise Estatística

Inicialmente, foi realizada a caracterização dos grupos de intervenção e controle no *baseline* recorrendo à estatística descritiva (média, erro standard da média, intervalo de confiança a 95% e desvio padrão). A comparação dos dois grupos no *baseline* foi avaliada pelo teste t-student para amostras independentes para os indicadores de tamanho, testes funcionais e performance neurofisiológica. As diferenças entre grupos nos diferentes fatores extraídos do questionário usado para aferir a qualidade de vida foi avaliada pelo teste não paramétrico Mann-Whitney, uma vez que alguns dos participantes não completaram o instrumento em causa. Posteriormente, as diferenças entre os dois momentos de avaliação no grupo de intervenção foram testadas com o teste t para amostras pareadas. Excepcionalmente, apenas uma variável (teste timed get-up and go test double task) apresentava 4 sujeitos, e neste caso recorreu-se ao teste não paramétrico frequentemente reportado para medidas repetidas (teste de Wilcoxon). Para se estudar a relação entre a satisfação na prática, a percepção de esforço e a assiduidade total da intervenção, recorreu-se a procedimentos gráficos e nos quais se apresenta a reta de regressão. A associação entre as variáveis foi estatisticamente examinada com o coeficiente de correlação de Pearson. A magnitude das correlações foi interpretada de acordo com Hopkins, Marshall, Batterhan and Hanin (2009): trivial ( $r < 0.1$ ), pequena ( $0.1 < r < 0.3$ ), moderada ( $0.3 < r < 0.5$ ), larga ( $0.5 < r < 0.7$ ), muito larga ( $0.7 < r < 0.9$ ), e quase perfeita ( $r > 0.9$ ). O valor de significância para todas as variáveis foi definido para  $p < 0.05$ . Para análise estatística e gráfica foram usados os softwares SPSS versão 22.0 (SPSS Inc., IBM Company, N.Y., USA) e Graphpad Prism for Windows, GraphPad Software, San Diego California USA, ([www.graphpad.com](http://www.graphpad.com)).

## 4. Resultados

### 4.1 Comparação entre grupo controle e grupo de intervenção

#### 4.1.1 Aptidão Física

No GI inicialmente 20 pessoas realizaram os testes, mas para análise estatística apenas consideramos os 15 que finalizaram a intervenção do Aball 1.

Fazendo uma simples comparação entre os resultados da composição corporal e dos testes de aptidão física entre o GI e o GC, podemos constatar que não existe nenhuma diferença significativa em nenhum parâmetro avaliado, o que revela haver uma homogeneidade entre os dois grupos.

**Tabela 1.** Estatística descritiva (média±desvio padrão) e comparação (teste *t-student*) dos grupos de controle e de intervenção (no *baseline*), na idade, indicadores de composição corporal e capacidade funcional das pessoas com DM2

		n	Grupo de controle	n	Grupo de intervenção	diferença de médias (95% IC)	<i>p</i>
Idade	anos	16	68.8±10.8	15	70.4±7.0	1.5 (-5.1 a 8.2)	0.63
Estatura	cm	15	156.1±10.2	13	159.7±10.3	3.6 (-4.3 a 11.6)	0.36
Massa corporal	kg	15	71.8±14.6	14	74.3±10.6	2.5 (-7.4 a 12.4)	0.43
IMC	kg.m <sup>-2</sup>	13	29.9±4.5	13	29.8±5.4	-0.1 (-4.1 a 3.8)	0.93
Massa magra	kg	13	42.5±9.6	13	47.7±7.1	5.2 (-1.5 a 12.0)	0.13
Massa gorda	%	13	38.4±10.8	13	34.0±8.7	-4.4 (-12.3 a 3.4)	0.26
Massa óssea	kg	13	2.3±0.5	13	2.5±0.3	0.3 (-0.6 a 0.1)	0.14
Água corporal	%	13	43.5±7.6	13	47.7±5.8	4.3 (-1.2 a 9.8)	0.12
Gordura visceral	kg	13	14.5±5.4	13	13.5±4.1	-0.9 (-4.8 a 2.9)	0.62
Perímetro cintura	cm	15	106.9±12.0	14	106.8±10.7	-0.1 (-8.8 a 8.6)	0.97
Perímetro anca	cm	15	98.7±28.6	14	109.4±9.2	10.7 (-27.1 a 5.7)	0.19
Relação cintura/anca	cm	15	1.01±0.89	14	0.98±0.03	-0.03 (-0.09 a 0.01)	0.14
<i>Sit and reach</i>	cm	15	22.0±7.9	14	26.4±7.1	4.4 (-1.31 a 10.17)	0.12
Hand Grip Test	kg	16	18.2±7.7	14	22.5±4.5	4.3 (-0.5 a 9.1)	0.08
Sentar e levantar	#	16	13.3±4.4	15	13.7±3.0	0.4 (-2.3 a 3.1)	0.76
Flexão de anbraço	#	15	17.5±5.6	14	20.6±4.1	3.2 (-0.6 a 6.9)	0.09
<i>TUG</i>	s	15	7.6±2.8	14	7.1±1.3	-0.2 (-1.9 a 1.5)	0.77
<i>TUG double task</i>	s	11	9.2±4.5	5	7.6±0.8	-1.5 (-5.9 a 2.9)	0.48
Teste caminhar 6 min	m	13	419.2±84.7	15	459.0±112.0	39.8 (-38.5 a 11.1)	0.31

*p value* – teste *t-student*. TUG = *timed up go test*; IMC = índice de massa corporal

#### 4.1.2 Qualidade de Vida

Fazendo a comparação entre os dois grupos na análise ao preenchimento do questionário de qualidade de vida adaptado a pessoas diabéticas na fase pré intervenção, podemos constatar que não houve diferenças significativas com exceção na questão sobre as condições de vida. Novamente neste parâmetro de análise podemos referir que os grupos se equiparam.

**Tabela 2.** Estatística descritiva (média±desvio padrão) e comparação dos grupos de controle e de intervenção (no *baseline*) para o impacto da diabetes na qualidade de vida

	n	Grupo de controle	n	Grupo de intervenção	P
Em geral, a minha qualidade de vida actual é	5	0.00±0.01	10	0.00±0.67	0.99
Se não tivesse de diabetes, a minha qualidade de vida seria	5	-0.80±0.45	10	-1.40±0.51	0.13
Se não tivesse diabetes, a minha vida profissional as minhas oportunidades relacionadas com o trabalho seriam	4	-0.40±0.91	6	-1.00±1.30	0.24
Este aspecto da minha vida é					
Se não tivesse diabetes, a minha vida familiar seria	5	-0.81±1.68	10	-1.60±2.76	0.39
Este aspecto a minha é					
Se não tivesse diabetes, as minhas amizades e vida social seriam	5	-0.50±1.55	10	-0.70±1.89	0.78
Este aspecto da minha vida é					
Se não tivesse diabetes, a minha vida sexual seria	4	-0.80±1.82	7	-1.43±336	0.78
Este aspecto da minha vida é					
Se não tivesse diabetes, o meu aspecto físico seria	5	-1.31±2.70	10	-1.00±1.60	0.74
Este aspecto da minha vida é					
Se não tivesse diabetes, as coisas que fisicamente poderia fazer	5	-1.13±2.44	10	-1.10±1.60	0.45
Este aspecto da minha vida é					
Se não tivesse diabetes, as minhas férias as actividades de lazer seriam	5	-1.06±2.60	10	-0.60±1.34	0.99
Este aspecto da minha vida é					
Se não tivesse diabetes a minha facilidade de viajar (curtas ou longas distâncias seria)	5	-0.88±2.45	10	-1.70±2.20	0.40
Este aspecto da minha vida é					
Se não tivesse diabetes, a minha confiança nas capacidades de fazer as coisas	4	-0.80±1.82	10	-1.40±1.58	0.18
Este aspecto da minha vida é					
Se não tivesse diabetes, a minha motivação para conseguir coisas	4	-0.80±1.82	11	-1.09±1.30	0.30
Este aspecto da minha vida é					
Se não tivesse diabetes, a forma como a sociedade em geral reagiria a mim seria	4	-0.13±0.50	10	-0.50±1.30	0.59
Este aspecto da minha vida é					
Se não tivesse diabetes as minhas preocupações em relação ao futuro:	4	-1.20±2.24	10	-2.10±2.18	0.08
Este aspecto da minha vida é					
Se não tivesse diabetes, a minha situação financeira seria:	4	-0.73±1.34	10	-0.50±0.85	0.94
Este aspecto da minha vida é					
Se não tivesse diabetes, a minha dependência em relação aos outros para fazer coisas que gostaria de fazer eu próprio	4	-0.60±1.30	10	-0.60±1.27	0.57
Este aspecto da minha vida é					
Se não tivesse diabetes, as minhas condições de vida seriam	4	-0.80±1.82	10	-1.80±1.40	<0.05*
Este aspecto da minha vida é					
Se não tivesse diabetes, a minha liberdade de comer o que quero, quando quero	4	-1.40±2.72	10	-2.40±2.80	0.14
Este aspecto da minha vida é					
Se não tivesse diabetes, o prazer que a comida me proporciona	5	-1.44±2.68	10	-2.40±2.80	0.18
Este aspecto da minha vida é					
Se não tivesse diabetes, a minha liberdade de fazer o que quero, quando quero:	5	-0.50±1.16	10	-1.20±1.19	0.39
Este aspecto da minha vida é					

\*p<0.05 – Teste *Mann-Whitney U*

No GC apesar de ser composto por 15 pessoas diabéticas apenas 5 realizaram o ADDQoL. No grupo de intervenção 10 pessoas devolveram o questionário devidamente preenchido. As questões com um n abaixo do número total de questionários, são questões que foram deixadas em branco ou tiveram como resposta “não aplicável”.

Podemos constatar que os parâmetros onde o GC refere que a diabetes mais afetou a sua qualidade de vida foi na alimentação e no aspeto físico. O GI revelou-se mais afetado nas questões alimentares, mas também nas condições de vida, preocupações em relação ao futuro e facilidade em viajar. No entanto o tamanho dos GC e GI é muito baixo o que condiciona as conclusões a retirar da leitura destes dados.

### 4.1.3 Cognitivos

Em relação aos testes cognitivos ambos os grupos os realizaram no *baseline*, e podemos novamente concluir que não existiram diferenças significativas entre os grupos.

**Tabela 3.** Estatística descritiva (média±desvio padrão) e comparação (teste *t-student*) dos grupos de controle e de intervenção (no *baseline*) para a performance neurofisiológica

		n	Grupo de controle	n	Grupo de intervenção	diferença de médias (95% IC)	<i>P</i>
TMT- A	segundo	13	106.0±57.6	14	76.4±23.5	-29.6 (-64.0 a 4.7)	0.10
TMT- B	segundo	13	240.0±125.0	14	204.5±62.3	-35.5 (-112.9 a 41.9)	0.37
Stroop - palavra	fr	13	73.6±13.6	14	71.7±12.0	-1.9 (-12.0 a 8.2)	0.70
Stroop - cor	fr	13	56.7±10.3	14	49.9±9.7	-6.7 (-14.7 a 1.1)	0.09
Stroop – número de estímulos	fr	13	25.4±11.6	14	20.8±4.6	-4.6 (-11.5 a 4.6)	0.18
Teste de dígitos ( <i>backward</i> )	fr	12	3.9±1.6	14	3.8±1.4	-0.1 (-1.3 a 1.2)	0.92
Teste de dígitos ( <i>forward</i> )	fr	12	6.8±1.4	14	6.0±1.8	-0.8 (-2.1 a -0.5)	0.20
Teste de dígitos (total)	fr	12	10.8±2.8	14	9.9±2.9	-0.9 (-3.2 a 1.4)	0.43
Tempo de reação multitarefa – mediana corrigida	ms	14	961.3±218.2	13	975.7±209.9	14.4 (-184.4 a 155.6)	0.86
Tempo de reação multitarefa – média corrigida	ms	14	976.8±216.1	13	988.2±216.1	11.4 (-177.2 a 154.4)	0.89
Tempo de reação multitarefa – mediana	ms	12	446.9±184.8	13	459.8±209.2	12.9 (-176.8 a 150.9)	0.87

*p value* – teste *t-student*. IC = intervalos de confiança; TMT= *Trail making test*; fr=frequência;

Podemos referir que na maioria dos testes realizados o GI apresentou melhores desempenhos nesta fase pré intervenção, no entanto sem diferenças estatisticamente significativas.

## 4.2 Comparação do momento 1 (*baseline*) e momento 2 (*follow-up*) do grupo de intervenção

### 4.2.1. Aptidão Física

Um dos objetivos principais deste estudo era perceber os efeitos que o programa de exercício físico baseado na aplicação do jogo Aball 1 poderia ter em diferentes parâmetros em diabéticos tipo 2.

Após a análise estatística da comparação das avaliações realizadas antes e após a intervenção de EF com o Aball 1, podemos constatar que o GI apresentou melhorias significativas ao nível da composição corporal no perímetro da cintura/abdominal, e na relação cintura-anca ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 4.** Estatística descritiva (média±desvio padrão) e comparação do momento 1 (*baseline*) e momento 2 (*follow-up*) do grupo de intervenção para os indicadores de tamanho corporal e testes funcionais.

		n	Baseline	Follow-up	diferença de médias (95% IC)	P
Massa corporal	kg	13	76.4±9.5	75.8±9.8	-0.6 (-1.6 a 0.5)	0.25
IMC	kg.m <sup>-2</sup>	13	29.8±4.4	29.6±5.6	-0.2 (-0.5 a 0.2)	0.37
Massa magra	kg	13	47.7±7.0	48.2±7.8	0.5 (-0.6 a 1.7)	0.37
Massa gorda	%	13	34.0±8.9	32.5±10.7	-1.5 (-3.0 a 0.1)	0.07
Massa óssea	kg	13	2.5±0.3	2.6±0.4	0.04 (-0.10 a 0.01)	0.14
Água corporal	%	13	47.7±5.8	49.0±8.8	1.3 (-0.8 a 3.4)	0.21
Gordura visceral	kg	13	13.5±4.1	13.0±3.9	-0.5 (-1.2 a 0.1)	0.09
Perímetro cintura	cm	13	107.0±11.1	105.3±10.8	-1.6 (-3.1 a 0.3)	<0.05*
Perímetro anca	cm	13	109.9±9.4	109.0±9.7	-0.9 (-2.5 a 0.6)	0.21
Relação cintura/anca	cm	13	0.98±0.04	0.96±0.04	-0.02 (-0.03 a -0.01)	<0.05*
Sit and reach	cm	13	25.8±7.1	28.6±5.4	2.8 (-0.4 a 5.6)	0.08
Hand Grip	kg	13	22.9±4.5	23.5±4.9	1.2 (-0.2 a 2.9)	<0.05*
Sentar e levantar	#	13	13.6±3.1	15.4±3.5	1.8 (0.7 a 3.8)	<0.05*
Flexão de braço	#	13	20.5±4.2	22.2±3.0	1.7 (-0.4 a 3.7)	0.10
TUG	s	13	7.0±1.4	5.8±1.5	-1.2 (-1.7 a -0.7)	<0.01*
TUG double task	s	4	7.6±1.0	6.1±1.2	-1.5 (-1.9 a -1.0)	0.07 a)
Teste caminhar 6 min	m	15	459.0±112.3	516.3±111.0	57.3 (88.5 a 26.2)	<0.01*

\* $p < 0.05$ - teste *t-student*; IC = intervalos de confiança; # = repetições; a) apenas 4 participantes foram considerados na análise e, conseqüentemente, a estatística não paramétrica (teste de Wilcoxon) foi adotada.

TUG = *Timed get-up and go test*; IMC = índice de massa corporal

Nos testes funcionais houve melhorias significativas no teste de força de preensão manual (*hand grip*) associado à força do antebraço, no teste de sentar e levantar associado à resistência muscular dos membros inferiores, no TUG associado às habilidades básicas de mobilidade, e no teste de caminhar 6 minutos, o qual avalia a capacidade cardiorrespiratória.

No entanto também podemos extrair tendências interessantes como o aumento da média da massa magra, complementado por uma diminuição da massa gorda. Em todos os testes funcionais realizados houve melhorias nos resultados, embora nem todos foram estatisticamente significativos.

## 4.2.2 Qualidade de Vida

Na qualidade de vida este programa de EF apresentou uma melhoria significativa na questão relativa à qualidade de vida atual de forma geral ( $p < 0.05$ ).

A maioria das questões foram respondidas pelos 10 diabéticos que responderam ao questionário, e nas questões relativas às oportunidades de trabalho e vida sexual apenas responderam 4 e 5 respetivamente, limitando a amostra e respetivas conclusões.

**Tabela 5.** Estatística descritiva (média±desvio padrão) e comparação do momento 1 (*baseline*) e momento 2 (*follow-up*) do grupo de intervenção no impacto da diabetes na qualidade de vida

	n	Baseline	Follow-up	p
Em geral, a minha qualidade de vida actual é	10	0.00±0.70	0.60±0.51	<0.05 <sup>(a)</sup>
Se não tivesse de diabetes, a minha qualidade de vida seria	10	-1.40±0.51	-1.10±0.73	0.19
Se não tivesse diabetes, a minha vida profissional as minhas oportunidades relacionadas com o trabalho seriam	4	-2.50±4.35	-1.00±2.00	0.59
Este aspecto da minha vida é				
Se não tivesse diabetes, a minha vida familiar seria	10	-1.60±2.75	-1.10±1.66	0.80
Este aspecto a minha é				
Se não tivesse diabetes, as minhas amigas e vida social seriam	10	-0.70±1.88	-0.50±0.85	0.99
Este aspecto da minha vida é				
Se não tivesse diabetes, a minha vida sexual seria	5	-2.00±3.93	-1.00±1.73	0.32
Este aspecto da minha vida é				
Se não tivesse diabetes, o meu aspecto físico seria	10	-1.00±1.63	-1.60±2.06	0.58
Este aspecto da minha vida é				
Se não tivesse diabetes, as coisas que fisicamente poderia fazer	10	-1.10±1.59	-1.30±1.34	0.75
Este aspecto da minha vida é				
Se não tivesse diabetes, as minhas férias as actividades de lazer seriam	10	-0.60±1.35	-0.60±1.25	0.99
Este aspecto da minha vida é				
Se não tivesse diabetes a minha facilidade de viajar (curtas ou longas distâncias seria)	10	-1.70±2.21	-1.10±1.25	0.34
Este aspecto da minha vida é				
Se não tivesse diabetes, a minha confiança nas capacidades de fazer as coisas	10	-1.40±1.57	-1.30±1.25	0.66
Este aspecto da minha vida é				
Se não tivesse diabetes, a minha motivação para conseguir coisas	10	-1.20±1.32	-1.20±1.22	0.99
Este aspecto da minha vida é				
Se não tivesse diabetes, a forma como a sociedade em geral reagiria a mim seria	10	-0.50±1.27	-0.40±1.27	0.79
Este aspecto da minha vida é				
Se não tivesse diabetes as minhas preocupações em relação ao futuro:	10	-2.10±2.18	-2.00±1.82	0.86
Este aspecto da minha vida é				
Se não tivesse diabetes, a minha situação financeira seria:	10	-0.50±0.85	0.20±0.63	0.11
Este aspecto da minha vida é				
Se não tivesse diabetes, a minha dependência em relação aos outros para fazer coisas que gostaria de fazer eu próprio	10	-0.60±1.27	-0.70±1.41	0.94
Este aspecto da minha vida é				
Se não tivesse diabetes, as minhas condições de vida seriam	10	-1.80±1.39	-1.20±1.32	0.14
Este aspecto da minha vida é				

Se não tivesse diabetes, a minha liberdade de comer o que quero, quando quero	10	-1.30±0.82	-2.20±1.70	0.12
Este aspecto da minha vida é				
Se não tivesse diabetes, o prazer que a comida me proporciona	10	-1.80±2.25	-1.60±1.17	0.99
Este aspecto da minha vida é				
Se não tivesse diabetes, a minha liberdade de fazer o que quero, quando quero:	10	-1.20±1.93	-1.10±1.63	0.83
Este aspecto da minha vida é				

(a)  $p < 0.05$  – teste *t-student*

### 4.2.3 Testes Cognitivos

Nos testes cognitivos aplicados houve uma melhoria significativa, com  $p < 0.05$  em 4 deles. Esta melhoria foi mais assinalável no teste de memória (teste de amplitude de dígitos) com um  $p < 0.05$  nos dois testes realizados e no somatório dos valores com um  $p < 0.01$ . Em todos os outros testes houve melhorias com algumas muito próximas do  $p < 0.05$ . No TMT B também se verificou uma melhoria destacável com um  $p < 0.05$ .

**Tabela 6.** Estatística descritiva (média±desvio padrão) e comparação (teste *t-student*) no momento 1 (*baseline*) e momento 2 (*follow-up*) no grupo de intervenção para a performance neurofisiológica

		n	Baseline	Follow-up	diferença de médias (95% IC)	P
Trail making test -A	segundo	14	76.4±23.5	71.3±24.2	-5.0 (-11.1 a -0.9)	0.09
Trail making test -B	segundo	14	204.5±62.3	159.3±45.9	-45.2 (-83.2 a -7.1)	<0.05*
Stroop - palavra	frequência	14	71.7±12.0	74.6±13.8	2.9 (-1.8 a 7.5)	0.21
Stroop - cor	frequência	14	49.9±9.7	53.5±6.5	3.6 (0.4 a 7.5)	0.07
Stroop – número de estímulos	frequência	14	20.8±4.6	22.8±5.4	2.0 (1.3 a 5.2)	0.21
Teste de amplitude de dígitos ( <i>backward</i> )	frequência	14	3.9±1.4	5.3±1.1	2.3 (4.0 a 6.0)	<0.05*
Teste de amplitude de dígitos ( <i>forward</i> )	frequência	14	6.0±1.8	8.3±2.5	2.3 (0.6 a 4.0)	<0.05*
Teste de amplitude de dígitos (total)	frequência	14	9.9±2.9	13.6±2.4	3.7 (1.8 a 5.7)	<0.01*
Tempo de reação multitarefa complexa – mediana corrigida	ms	13	975.7±209.9	867.6±173.5	-78.1 (-157.1 a -0.1)	0.05
Tempo de reação multitarefa complexa – média corrigida	ms	13	988.1±201.2	924.7±209.2	-63.5 (-139.5 a 12.5)	0.09
Tempo de reação multitarefa simples – mediana	ms	13	459.8±209.0	364.1±62.8	-95.7 (-208.9 a 17.5)	0.09

\* $p < 0.05$ - teste *t-student*. IC = intervalos de confiança;

### 4.2.4 Autorrelato / Comportamentais

Estes parâmetros diferentemente de todos os outros foram sendo realizados ao longo do estudo. Neles intervieram apenas os elementos do grupo de intervenção, incluindo aqueles que abandonaram a intervenção durante a sua realização. A média de

respostas dadas está diretamente relacionada com a assiduidade (média de 12 pessoas por sessão). A sessão que teve mais pessoas na prática contou com 18 participantes, pelo contrário a que teve menos foi realizada por 6 diabéticos. Entre os 15 diabéticos que terminaram o programa de EF Aball 1, do total das 41 sessões disponibilizadas, em média este grupo frequentou 28,6 sessões ( $\pm 6,7$ ), equivalente 69,8%.

#### 4.2.4.1 *Physical Activity Enjoyment Scale (PACES) / Feeling Scale (FS)*

Na aplicação destes questionários com o objetivo de avaliar a satisfação na prática, os valores obtidos foram bastante altos no PACES com médias de 6,5-6,6 (numa escala de 1-7) nas 8 questões apresentadas.

**Tabela 7.** Estatística descritiva (média $\pm$ desvio padrão) do PACES após 41 sessões de intervenção.

PACES	média $\pm$ desvio padrão
É muito desagradável; acho que é agradável	6.6 $\pm$ 0.6
Não é nada divertida; é muito divertida	6.5 $\pm$ 0.7
Não é nada porreira; é muito porreira	6.5 $\pm$ 0.7
Não é nada revigorizante; é muito revigorizante	6.6 $\pm$ 0.7
Não é nada gratificante; é muito gratificante	6.6 $\pm$ 0.7
Não é nada animada; é muito animada	6.6 $\pm$ 0.6
Não é nada estimulante; é muito estimulante	6.6 $\pm$ 0.7
Não é nada refrescante; é muito refrescante	6.5 $\pm$ 0.6

PACES - *Physical Activity Enjoyment Scale*

No FS houve uma média de 3,1 ( $\pm 0,9$ ) no final das sessões. O valor 3 é referente ao “Sentir Bem” na escala de FS.

#### 4.2.4.2. **Escala de Percepção Subjetiva de Esforço de Borg**

A intensidade média percebida através da escala de Borg foi em média de 13,2 ( $\pm 0,9$ ), o que equivale a um esforço “Um Pouco Intenso”, fazendo a relação com o nível de intensidade, este valor pode ser enquadrado numa intensidade moderada (Garber et al., 2011).

### 4.3 Relação entre a assiduidade e as variáveis autorrelato/comportamentais

Tentado fazer uma análise a uma possível relação entre assiduidade e as variáveis de autorrelato/comportamentais, os gráficos não nos permitem tirar nenhuma conclusão na satisfação e sensação na prática, o que nos leva a concluir que a assiduidade não pareceu influir com o FS e com o PACES. Parece haver uma associação moderada (Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009), embora sem significância, entre assiduidade e a percepção da escala de esforço ( $r = 0.438$ ,  $p = 0.051$ ) (figura 22). Estes dados levam-nos a inferir que as razões de abandono da prática podem não estar relacionados com o prazer e motivação, mas sim por outros fatores.

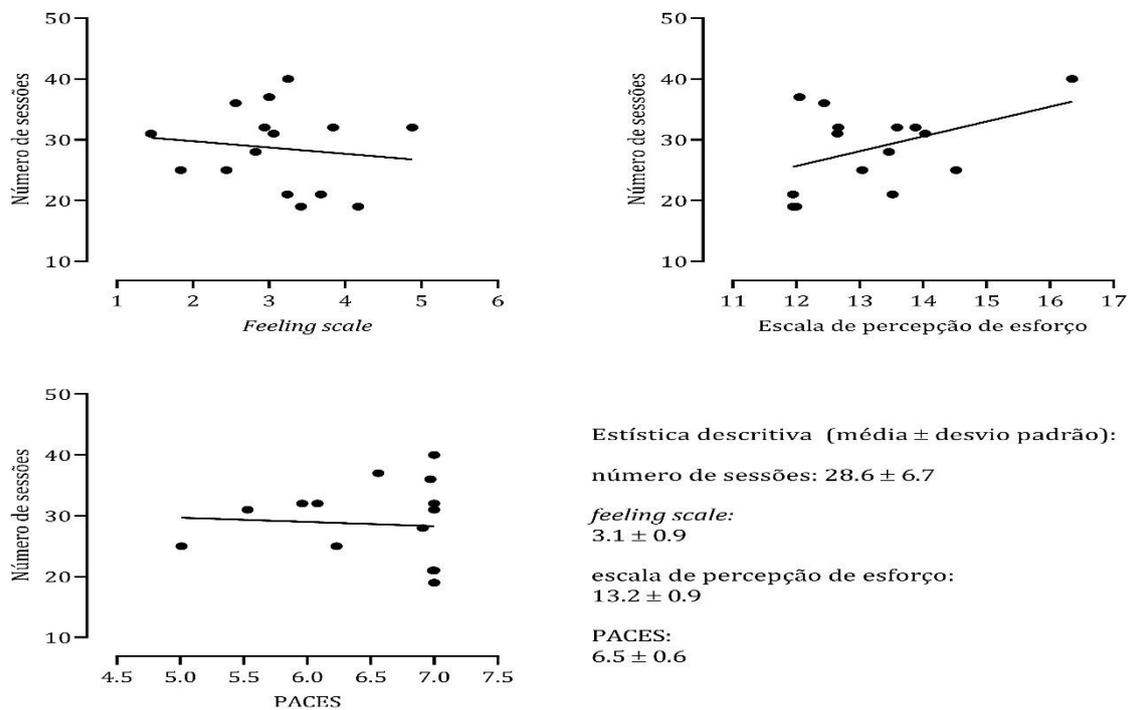


Figura. 22 – Relação entre a assiduidade e as variáveis de autorrelato/comportamentais

Na mesma linha de pensamento, podemos considerar que as pessoas que realizaram o programa até ao fim (75%) o fizeram pela satisfação, pelo prazer, e pelas boas sensações que o mesmo proporcionou.

## 5. Discussão

Este estudo analisou o impacto em diferentes parâmetros, de uma proposta de EF multimodal, utilizando uma forma lúdica denominada Aball 1. Esta estratégia de trabalho utilizou uma combinação de exercícios que focaram o trabalho aeróbio, força, agilidade, equilíbrio, flexibilidade e cognitivo (através de propostas de dupla tarefa, memória e raciocínio). Foi composta por 41 sessões com uma duração de 15 semanas, como uma amostra final de 15 pessoas no grupo de intervenção e 16 no grupo controle, com DM2.

Pretendia-se comparar os resultados nos períodos pré e pós intervenção nos dois grupos. Tal não foi possível realizar por impedimento do grupo controle em poder efetuar os testes após as 15 semanas atendendo ao contexto de confinamento do covid-19. Assim comparámos o grupo de intervenção e o grupo de controle no *baseline* para perceber se teriam diferenças. Tal não se verificou e na grande maioria dos itens avaliados, uma vez que os grupos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

Os dados no *follow-up* do grupo controle poderiam fundamentar e reforçar muitas das conclusões do nosso estudo. No entanto como conseguimos obter os dados nos dois momentos com o grupo de intervenção (com exceção de uma pessoa por recomendação médica), várias conclusões puderam ser obtidas. Vamos dividir a discussão nos itens fundamentais que orientaram a nossa avaliação: aptidão física, qualidade de vida, desempenho cognitivo, satisfação na prática e intensidade em função dos resultados obtidos.

Ao nível da composição corporal os diabéticos que experimentaram o programa de exercícios do Aball 1 obtiveram melhorias no perímetro da cintura (abdominal) e na relação perímetro da cintura/anca. O maior risco de DM2 e problemas cardíacos associados em pessoas com alta relação cintura-anca tem sido atribuído principalmente ao aumento de gordura visceral (Emdin et al., 2017; Snijder et al., 2003). O tecido adiposo ectópico em redor dos órgãos intra-abdominais (gordura visceral) está relacionado com complicações cardiometabólicas na DM2 (Sabag et al., 2017), e a um maior risco de morte, nomeadamente na população europeia (Pischon et al., 2008).

Tal como se verificou no nosso estudo, Sabag et al., (2017) analisaram os efeitos do exercício sobre o tecido adiposo visceral, chegou a conclusões idênticas, nomeadamente através do exercício aeróbico, relatando que o TA reduz o tecido adiposo visceral em adultos com sobrepeso/obesidade com DM2. Este efeito pode ser independente da perda de peso. Uma outra meta análise também cita estudos onde se

verificaram melhorias com o exercício na relação cintura-anca, e no perímetro abdominal, independentemente de a intensidade de treino aplicada ser alta ou moderada, em pessoas com DM2 (De Nardi et al., 2018). Uma revisão refere que o exercício aeróbico e de força têm resultados positivos na diminuição da gordura ectópica, no entanto refere que são necessários mais estudos para perceber qual a frequência, duração e intensidade de forma a estabelecer qual o melhor modelo (Bacchi & Moghetti, 2013).

O Aball 1 pelas suas características (diferentes e constantes deslocamentos) apresentou diversas propostas onde o trabalho aeróbico de intensidade moderada foi estratégia predominante. Também pela sua componente lúdico desportiva podemos comparar com resultados obtidos nesta vertente em pessoas com DM2 que praticaram futebol. Uma revisão relata melhorias significativas com a prática desta modalidade na circunferência abdominal, no entanto a prática era complementada com dieta (Barbosa et al., 2020). Um outro estudo, comparou o efeito do TA, TF, e TC em diabéticos tipo 2, reportando melhorias significativas na circunferência da cintura (Pandey et al., 2015).

Em relação aos testes funcionais houve melhorias significativas entre os participantes que realizaram a intervenção no teste de força de preensão manual (*hand grip*), no teste de sentar e levantar, no TUG e o no teste de caminhar 6 minutos.

A população diabética revela inúmeros problemas de saúde associados à patologia e ao envelhecimento, de entre os quais se destaca a incapacidade funcional (Souza, et. al., 2016). Os testes de avaliação de capacidade funcional podem ser utilizados como preditores de limitação funcional, declínio cognitivo, quedas, institucionalização, hospitalização e mortalidade (Chua, Lim, Lin, Yuan, & Koh, 2020; De Buyser et al., 2013; Anjos et al., 2017).

No teste de preensão manual pessoas com DM2 revelam piores resultados do que não diabéticos (Akpınar, Içagasioglu, Selimoglu, & Mesci, 2017; Cetinus, Buyukbese, Uzel, Ekerbicer, & Karaoguz, 2005), inclusive em DM2 idosos (Umam & Setiati, 2018). A menor força de preensão está associada a pioras na qualidade de vida em idosos e é um marcador de fragilidade, prevendo declínio físico e limitação funcional na vida diária (Willems et al., 2017). No nosso estudo obtivemos melhorias significativas na força de preensão manual, podendo justificar-se este facto com a frequente manipulação e preensão da bola na grande maioria dos exercícios propostos. Este resultado não vai ao encontro de uma meta-análise que analisou 5 artigos com uma população fundamentalmente idosa, onde foi introduzindo o treino de resistência muscular na força de preensão, através do trabalho de elásticos e com bolas, não obtendo resultados

significativos. Devemos ter em conta que nestas propostas de EF foi utilizado metodologicamente repetições e séries (Magni, McNair, & Rice, 2017), enquanto no Aball I são feitas constantemente inúmeras solicitações de preensão de bola no desenrolar das atividades. Outra revisão de programas de exercício utilizando apenas bandas elásticas especificamente em diabéticos tipo 2, citando os dois estudos que avaliaram a preensão manual quando comparados com os grupos controle após o exercício não obtiveram ganhos significativos no teste *hand grip*.

No entanto uma outra revisão de literatura que analisou diferentes propostas de exercício em pessoas idosas não institucionalizadas, revelou evidências de que várias intervenções obtiveram melhorias na força de preensão manual, especialmente aquelas enquadradas no treino multimodal (Labott, Bucht, Morat, Morat, & Donath, 2019), com similaridades ao tipo de exercício realizado no nosso estudo. Um estudo com doentes que tiveram AVC, comparou a aplicação de jogos lúdicos com exercícios de força terapêuticos manuais, concluindo que o exercício baseado em jogos é mais eficaz do que o exercício manual na melhora da força muscular e função motora (Park, Lee, Choi, Hwang, & Jung, 2019).

Indo ao encontro dos nossos resultados, um estudo aplicando um programa de exercícios aeróbicos em 43 idosas com DM2, obteve melhorias significativas nos testes de preensão manual, TUG, e num teste de caminhada de 10 metros (diferente do aplicado na nossa bateria de avaliação) (Anjos et al., 2017).

Um programa de intervenção de exercício físico combinado (aeróbio + resistência + agilidade / equilíbrio + flexibilidade), de 3 vezes por semana durante 9 meses com sessões de 70 minutos, com diabéticos portugueses (Mendes et al., 2016), obteve resultados idênticos ao nosso estudo com melhorias significativas no TUG, no teste de sentar e levantar e no de caminhar 6 minutos ( $p < 0,001$ ). Uma equipa de investigação (Barrile et al., 2017) com o objetivo de avaliar os efeitos do treino multicomponente (12 semanas, 3 dias por semana, sessões 80 minutos) na função pulmonar, capacidade funcional e qualidade de vida em 8 idosos com DM2, obteve melhorias no teste de 6 minutos a caminhar e no TUG.

Segundo os resultados da intervenção de Heubel et al., (2018), com características muito idênticas no tempo, duração, e amostra com a nossa proposta (3 vezes por semana, sessões de 50 minutos, durante 16 semanas), aplicando uma proposta de treino multicomponente (coordenação, força muscular, flexibilidade, equilíbrio e agilidade) em 13 idosos com DM2, obteve melhorias no teste de caminhar 6 minutos. Uma investigação

realizada por Silveira-Rodrigues et al., (2018) utilizando o TC durante 12 semanas como estratégia metodológica obteve melhorias no teste de caminhar 6 minutos no grupo de terapia com insulina e no de medicação oral ( $p < 0.05$ ). Melhorias associadas ao desempenho neste teste (caminhar 6 minutos) estão associadas ao aumento da capacidade cardio respiratória podendo ser quantificada pelo VO<sub>2</sub> (Ross et al., 2010). O futebol recreativo como estratégia lúdica, tal como o Aball 1, obtém melhorias no VO<sub>2</sub> máx. em DM2 (Milanović, Pantelić, Čović, Sporiš, & Krstrup, 2015).

Na nossa intervenção houve melhorias no teste de sentar e levantar ( $p < 0.05$ ), o qual avalia a melhoria de força nos membros inferiores. Tal facto é importante, pois melhorias na força muscular permite independência nas atividades de vida diária, reduzindo, portanto, os riscos de lesões e os efeitos deletérios do envelhecimento, nomeadamente a sarcopenia (Codella et al., 2018). A sarcopenia pode contribuir para o desenvolvimento e progressão do DM2 pela diminuição de utilização da glicose como fonte energética, devido à diminuição de massa muscular e também ao aumento da inflamação localizada, que pode surgir pela acumulação de tecido adiposo inter e intramuscular (Mesinovic, Zengin, De Courten, Ebeling, & Scott, 2019). O tratamento da sarcopenia deve ser focado no fortalecimento muscular e treino da marcha, sendo a falta de exercícios um dos principais fatores de risco (Dhillon & Hasni, 2017). Vários estudos concluem que o treino multicomponente melhora entre outras capacidades a força muscular com implicações positivas no equilíbrio, na marcha, funcionalidade e consequentemente na independência e autonomia física em idosos, além da diminuição do risco de quedas (Cadore, Rodríguez-Mañas, Sinclair, & Izquierdo, 2013). É importante referir que as pessoas idosas com DM2 têm maior risco de cair em comparação com adultos saudáveis da mesma idade (Vinik et al., 2017).

No que se refere à intensidade do exercício no nosso estudo segundo a aplicação da escala de Borg tem um valor médio de 13,2 pontos, considerado de intensidade moderada, e equivalente aproximado a 6 METs, 70% da FCmáx., 60% FCres. e 60% do VO<sub>2</sub> máx. O exercício aeróbico moderado, revela melhorias no valor de VO<sub>2</sub> máx. em pessoas com DM2. Um estudo realizado com diabéticos tipo 2 propondo a corrida e a caminhada 3 vezes por semana, 30 minutos a uma intensidade de 50% VO<sub>2</sub> máx., durante 12 meses com avaliações de 3 em 3 meses, revelou melhorias significativas no VO<sub>2</sub> máx. (Nojima et al., 2017). Um outro estudo de 4 meses comparando caminhada contínua e intermitente, 5 vezes por semana durante 60 minutos, obteve melhorias no VO<sub>2</sub>máx. e na gordura visceral apenas no grupo de caminhada intermitente e não obteve melhorias

significativas nestes parâmetros nem no grupo da caminhada contínua nem no grupo controle (Karstoft et al., 2013). O tipo de trabalho que desenvolvemos com o Aball1 tinha características semelhantes, nomeadamente deslocações intercaladas entre o correr e andar e a diferentes intensidades.

Uma revisão sistemática que comparou os efeitos do exercício aeróbico e de força na DM2 refere que o TA (5 estudos com propostas em intensidades moderadas e vigorosas) promoveu alterações estatisticamente significativas no VO<sub>2</sub> máx. Dos estudos citados o mais próximos das características do nosso, foi de um grupo de estudo aplicando TA durante 6 meses, com aquecimento de 10 min, 45 min de exercícios aeróbicos, tais como caminhar ou correr em uma esteira, andar de bicicleta ou ginástica e 5 minutos de retorno à calma, 4 vezes por semana trabalhando em aumento gradual de intensidade até atingir 60-75% FC<sub>máx.</sub>, teve melhorias significativas no VO<sub>2</sub>máx. pós intervenção (Kadoglou et al., 2013).

Na avaliação da qualidade de vida os resultados obtidos não foram significativos no geral, apenas na questão “em geral, a minha qualidade de vida actual é?” teve melhorias consideráveis ( $p < 0,005$ ). Um estudo que incluiu caminhadas em 102 pessoas com DM2 com idades entre os 40 e 70 anos, avaliou o impacto na QV através do ADDQoL obtendo resultados significativos a grande maioria dos itens (Guglani, Shenoy, & Sandhu, 2014).

Uma revisão sistemática que analisou o impacto de vários parâmetros na QV na DM2, onde se inclui o EF, verificou melhorias em diferentes funcionalidades, no entanto o questionário aplicado foi o SF-36 (Jing et al., 2018). Revisões avalizando o impacto do EF na DM2 conclui que os resultados são conflitantes (Cai et al., 2017; Van Der Heijden, Van Dooren, Pop, & Pouwer, 2012), mas nos estudos citados os questionários utilizados para aferir a QV foram na sua maioria o SF-36, e nenhum utilizou o ADDQoL. Dos programas de EF citados o que apresentou características mais próximas do nosso não teve resultados significativos na avaliação da QV. Nesse mesmo estudo o grupo de diabéticos tipo 2 que praticou TC teve melhorias em relação ao CG, nos testes de caminhada de 6 minutos, sentar e levantar e força de membros superiores e inferiores (Lambers, van Laethem, van Acker, & Calders, 2008).

Noutro estudo que utilizou o TC com características semelhantes ao nosso programa, sessões de 60 minutos, 3 vezes por semana, durante 12 semanas, como uma amostra numérica similar, mas com médias de idades mais baixa, obteve melhorias na

qualidade de vida, no entanto o questionário aplicado voltou a ser o SF-36 (Tomas-Carus et al., 2016b).

Um trabalho incorporando 3 grupos de diabéticos tipo 2 onde um apenas tomava metformina, outro fazia exercício e outro associava a toma de metformina com exercício, obteve melhoria na qualidade da vida (avaliado pelo SF-36) no grupo em que fizeram exercício sem medicação oral e no grupo de exercício e metformina. O exercício proposto foi tal como na nossa intervenção multicomponente (aeróbico + força + equilíbrio + flexibilidade) com sessões de 60 minutos, 3 vezes por semana (Baptista et al., 2017). Na nossa intervenção a grande maioria da amostra tinha a metformina como farmacologia terapêutica.

Um estudo enquadrando diferentes propostas de EF em pessoas com DM2, nomeadamente TA, TF, e treino de flexibilidade isolados, concluiu que o TA e o TF melhoraram idênticos parâmetros de QV, mas avaliados pelo SF-36 (Silva et al., 2017b).

No nosso estudo os intervenientes apenas perceberam melhorias significativas na QV num item, ao contrário da maioria dos estudos citados com características semelhantes ao nosso onde se verificou melhorias em vários parâmetros, no entanto nem todos os intervenientes responderem ao nosso questionário, limitando a amostra apenas para 10 pessoas. Se a amostra neste parâmetro avaliativo tivesse sido mais alta, poderíamos eventualmente ter obtido melhorias em mais itens. Analisando o impacto do EF em pessoas com DM2 na QV a maioria das intervenções aplicou o SF-36 e neste estudo foi o ADDQoL.

Ao nível dos testes de avaliação cognitiva a aplicação da intervenção do nosso estudo obteve resultados estatisticamente significativos no TMT B, e nos testes de memória. Segundo Gao et al. (2015) estes testes podem ser utilizados como ferramentas avaliadoras do comprometimento cognitivo em pessoas com DM2, na medida em que esta patologia pode ser considerada um fator de risco para o comprometimento cognitivo leve. Este risco pode estar associado à duração da diabetes, à farmacologia terapêutica e ao controle da glicose.

Num artigo de revisão Tait, Duckham, Milte, Main, & Daly (2017), analisando a influência do treino juntando exercícios em dupla tarefa, sequencial versus simultâneo, na cognição em adultos mais velhos, conclui que estudos recentes indicam que o EF combinado com treino cognitivo, pode melhorar a função cognitiva em adultos mais velhos. Especificamente fazendo a análise dos efeitos do treino cognitivo, nomeadamente

treino de memória, realizado em simultâneo com o TA, semelhante ao efetuado na nossa intervenção, essas melhorias também são obtidas.

Uma equipa de investigação (Leite et al., 2020) que analisou o impacto na componente cognitiva de um programa de EF similar ao nosso, aplicando a mesma bateria de testes, obteve melhorias significativas no teste TMT-A no grupo que teve maior assiduidade no programa. No presente estudo registaram-se melhorias no TMT-B, possivelmente porque os estímulos dados pelo Aball 1 eram de maior complexidade cognitiva com constantes relações números-letras, tal como o TMT-B solicita. Um estudo analisando os efeitos do TA durante 6 meses em adultos mais velhos com regulação deficiente da glicose associada a pré-diabetes e DM2 precoce, utilizando a maioria da nossa bateria de testes cognitivos obteve melhorias na função executiva cerebral com resultados estaticamente significativos no TMT-B e no teste de *Stroop* ( $p < 0.005$ ) (Baker et al., 2010). Os mesmos autores não obtiveram melhorias assinaláveis no teste de memória, ao contrário do presente estudo. Tal pode ser explicado pela proposta de TA utilizada no estudo citado ser uma tarefa cognitiva simples, não tendo estímulos de maior desafio cognitivo como aqueles que o Aball1 apresenta, e também porque, numa fase inicial da patologia (associada a idades mais baixas), este parâmetro (memória) não estar normalmente tão comprometido. Numa intervenção que usou como EF a bicicleta ergométrica e um Exergame de ciberciclo para 10 idosos com DM2, avaliou os efeitos neuropsicológicos através dos testes *Color Trials* (similar ao TMT), *Digit Span Backwards* (teste de memória) e teste de *Stroop*, idênticos aos aplicados na nossa intervenção. Apenas no teste de *Color Trials B* verificaram melhorias significativas no pós intervenção (Anderson-Hanley, Arciero, Westen, Nimon, & Zimmerman, 2012), resultado idêntico ao nosso estudo.

Um estudo em larga escala com uma duração de 10-13 anos com 3751 diabéticos tipo 2 com sobrepeso e obesidade, foram induzidas alterações no estilo de vida quer a nível alimentar quer a nível de prática de AF. Ao nível da AF foi balizado como objetivo a prática de caminhadas ou de outro tipo de prática sem supervisão, com um mínimo de 175 minutos semanais. O objetivo era perceber o efeito de uma intervenção intensiva a longo prazo no estilo de vida e na função cognitiva na DM2. Os testes aplicados incluíram o TMT e *Stroop Test*. Neste estudo a intervenção intensiva para perda de peso no estilo de vida não foi associada a nenhum benefício em relação ao funcionamento cognitivo geral (Rapp et al., 2017). Estudo semelhante ao citado anteriormente, ao nível da função cognitiva obteve resultados idênticos (Espeland et al., 2016). Este facto pode-

nos levar a inferir que o EF supervisionado com controlo das diferentes variáveis do treino e o EF combinado e muticomponente com maior oferta de incentivos, nomeadamente com estímulos de dupla tarefa, parecem ser os mais benéficos em diabéticos tipo 2 ao nível do funcionamento cognitivo. É interessante realçar dentro desta linha de pensamento, que Shors (2014) realça que em testes laboratoriais realizados com animais, aqueles que foram treinados para aprender uma nova habilidade após a criação de novas células cerebrais retêm a maioria das células que, de outra forma teriam morrido. É importante ressaltar que o treino por si só não é suficiente para aumentar a sobrevivência celular em animais que são treinados, mas se não se não têm uma aprendizagem não retêm mais células do que animais que não são treinados. Portanto, o aprendiz aumenta a sobrevivência de células recém-geradas no hipocampo, contando que a experiência de aprendizagem seja nova, difícil e bem-sucedida. Se estas conclusões tiverem efetividade em humanos, revela o potencial de estratégias lúdicas como o Aball 1 em diferentes tipos de populações.

Um estudo piloto, com 6 meses de duração, onde um grupo teve um programa de TA e TF progressivo e outro (grupo de controle) apenas realizou exercícios de flexibilidade, com idades entre 50-75 anos (n = 50), examinou a eficácia do exercício na cognição e estrutura do cérebro em pessoas com DM2. A frequência do grupo de EF foi de 79%, enquanto o nosso foi de aproximadamente 70%. O grupo que realizou exercício comparado com o grupo controle obteve melhores resultados nos testes cognitivos onde se englobava o TMT e o *Stroop Test*. A associação mais forte foi observada entre um aumento na aptidão (VO<sub>2</sub>máx.) e aumento na cognição global, indo ao encontro dos resultados do nosso estudo onde se verificou uma melhoria significativa da capacidade aeróbica avaliada pelo teste de caminhar 6 minutos e dos cognitivos já referidos. Demonstrou ainda uma forte viabilidade em termos de design, recrutamento, triagem, adesão, segurança e retenção de um programa de exercícios multimodal (Callisaya et al., 2017).

Uma revisão analisando os efeitos do exercício na função cognitiva em adultos com DM2, relata que apesar dos estudos nesta área terem uma qualidade modesta, refere que quatro dos seis estudos citados relataram benefícios significativos para aqueles que tiveram uma maior participação em exercícios/atividades físicas em alguns aspetos da cognição (Zhao et al., 2018). Os artigos citados utilizaram testes idênticos ao do nosso estudo, e os resultados vão de encontro aos obtidos na nossa intervenção com melhorias em alguns parâmetros, mas não em todos. Esta revisão também alerta para o potencial de

melhorias adicionais no TA de intensidade moderada e vigorosa em detrimento de intensidades mais baixas, o que mais uma vez vai ao encontro do nosso estudo onde as intensidades de trabalho foram na sua maioria moderadas e com pequenos estímulos requerendo intensidades mais intensas. A inclusão do lúdico e da competição em alguns exercícios levou os nossos participantes por vezes a aproximarem-se das suas capacidades máximas.

Em relação à satisfação na prática não foi encontrada bibliografia onde existisse esta análise em diabéticos tipo 2 que pratiquem exercício. No nosso estudo os resultados foram bastantes bons com valores médios próximos dos valores máximos, inclusive por parte daqueles que abandonaram a intervenção ao longo da mesma, o que indicia que este abandono foi por outras causas que não a insatisfação na prática. No entanto a bibliografia atual parece indicar que há uma relação positiva entre o prazer na prática com o número total de meses de prática de EF, e inversamente uma relação negativa com a frequência de participação nas aulas por semana, pelo menos na área do fitness (Teques et al., 2018). Parece haver indicadores de que as respostas de prazer diminuem com exercícios contínuos de alta intensidade em comparação com exercícios contínuos de intensidade moderada (Kilpatrick, Greeley, & Collins, 2015), o que vai de encontro com os nossos resultados. Intervenções de menor intensidade podem aumentar a participação dos pacientes mais do que programas com intensidades mais altas em pessoas com DM2 (Jabardo-Camprubí, Donat-Roca, Sitjà-Rabert, Milà-Villaruel, & Bort-Roig, 2020).

Atendendo ao facto de que o TA e o TF têm sido associados a mudanças comportamentais menos favoráveis, incluindo redução do prazer e aumento da fadiga (Mullen et al., 2011), o Aball 1 parece ser uma estratégia de EF diferente e motivante que pode contrariar esta tendência. A intensidade e o tipo de EF parecem ser fatores condicionantes no prazer a obter na prática (Rech, Fermino, Hallal, & Reis, 2011).

Schwaneberg et al. (2017), analisando a prática de AF (caminhadas) e o prazer auto relatado através da aplicação do PACES, em 255 pessoas com idade média 56 anos conclui que a AF é um fator essencial para programas de prevenção. O prazer na prática de AF pode ser um fator motivacional importante para se tornar mais ativo fisicamente e melhorar o nível de AF individual. Um maior prazer na prática de AF pode ajudar a ser fisicamente ativo tanto no tempo ocupacional quanto no de lazer da vida cotidiana. Este dado é interessante para aplicação em estudos futuros, percecionando-se se aquando da aplicação de programas de EF a prática de AF fora deles também aumenta, existindo relação com o prazer na mesma, nomeadamente em pessoas com DM2.

Uma análise feita da aplicação do PACES em faixas etárias mais altas, relata que o prazer é consistentemente relatado por adultos mais velhos como um motivo de participação na prática de EF. O EF efetuado em grupo é preferido por adultos mais velhos, incluindo adultos solteiros, e estes indivíduos parecem ter tido mais prazer na prática (Mullen et al., 2011). Estas conclusões vão no sentido dos nossos resultados atendendo às características e amostra do nosso estudo, apesar de não termos feito a análise subdividindo as faixas etárias. A análise dos dados obtidos através desta ferramenta podem ser úteis para o planeamento das sessões e para a triagem de fatores que podem levar a outras consequências originadas na falta de diversão, sobretudo o abandono na prática (Monteiro et al., 2017).

### **Limitações do Estudo**

A principal limitação do estudo foi o tamanho da amostra. No questionário de qualidade de vida a amostra foi ainda mais reduzida e em algumas questões foi mesmo insignificante. Com uma amostra superior poderiam ter sido registadas melhorias significativas noutros itens.

A outra grande limitação foi o grupo controle não ter podido realizar as avaliações pós-intervenção (devido ao confinamento), o que não permitiu fazer a comparação entre os dois grupos e assim perceber o verdadeiro impacto da aplicação do programa de EF com o Aball1.

Não foi utilizado neste estudo outro instrumento de aferição de intensidade na tarefa (cardio frequencímetro) para além da escala de Borg, devido ao facto de a maioria dos participantes na sua terapêutica farmacológica terem medicação para a hipertensão, o que condiciona a validade da utilização da FC como indicador fisiológico. As pessoas que utilizaram esta escala nunca tinham tido contacto prévio, nem treino com a utilização da mesma, o que pode ter levado a percepções desfasadas. Sem a utilização dos dois métodos não poderemos fazer comparações de forma a perceber se a percepção subjetiva foi próxima da real.

Finalmente, podemos referir como outra limitação a ausência da contabilização da atividade física fora do programa. A falta desta informação pode condicionar os resultados obtidos, na medida em que as melhorias alcançadas podem ter sido induzidas pelo programa de EF Aball 1 ou por fatores extrínsecos.

## **6. Conclusões**

A aplicação deste estudo permitiu obter algumas conclusões interessantes com aplicabilidade na área da prescrição e da prática de EF em pessoas com DM2.

Obteve resultado positivos em parâmetros de aptidão física e composição corporal correlacionados com a funcionalidade, qualidade de vida e risco reduzido de morbidade e mortalidade.

Alcançou melhorias significativas na capacidade cognitiva, principalmente ao nível da memória, podendo contribuir para a diminuição do deterioro cognitivo inerente à DM2.

O Aball 1 parece ser uma estratégia de EF alternativa e/ou complementar às convencionais, revelando ser uma metodologia motivante que pode ter implicações positivas na frequência e na assiduidade na prática.

### **Sugestões para Trabalhos Futuro**

Este instrumento de EF pelo facto de ser relativamente recente, não foi ainda alvo de outras análises investigacionais. Mais estudos devem ser efetuados utilizando o Aball 1 em diferentes populações, desde crianças a idosos e em outras populações clínicas, pelo seu potencial de aplicabilidade e de melhorias contíguas.

## Bibliografia

- Aball 1 (n.d.). *About Aball 1, The number and letter balls*. Retrieved May 22, 2020, from <https://aball1.com/about-aball1/the-number-and-letter-balls/>
- Aball 1 (n.d.). *About Aball 1, Why use Aball1?* Retrieved May 22, 2020, from <https://aball1.com/about-aball1/why-use-aball1/>
- Aball 1 (n.d.). *About us, Our history and philosophy*. Retrieved May 22, 2020, from <https://aball1.com/about-us/our-history/>
- Abdelhafiz, A. H., & Sinclair, A. J. (2015). Diabetes, Nutrition, and Exercise. *Clinics in Geriatric Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2015.04.011>
- Acar, S., Malkoç, M., Çalan, M., Çımrın, D., Gedik, A., & Bayraktar, F. (2014). The effect of multimodal exercise training program in subject with type 2 diabetes mellitus. *Turkish Journal of Endocrinology and Metabolism*. <https://doi.org/10.4274/tjem.2576>
- Acosta-Manzano, P., Rodriguez-Ayllon, M., Acosta, F. M., Niederseer, D., & Niebauer, J. (2020). Beyond general resistance training. Hypertrophy versus muscular endurance training as therapeutic interventions in adults with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*. <https://doi.org/10.1111/obr.13007>
- Afrasyabi, S., Marandi, S. M., & Kargarfard, M. (2019). The effects of high intensity interval training on appetite management in individuals with type 2 diabetes: influenced by participants weight. *Journal of Diabetes and Metabolic Disorders*. <https://doi.org/10.1007/s40200-019-00396-0>
- Aguer, C., & Harper, M. E. (2012). Skeletal muscle mitochondrial energetics in obesity and type 2 diabetes mellitus: Endocrine aspects. *Best Practice and Research: Clinical Endocrinology and Metabolism*. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2012.06.001>
- Akpinar, P., Icgasioglu, A., Selimoglu, E., & Mesci, B. (2017). Hand functions in type 1 and type 2 diabetes mellitus. *Srpski Arhiv Za Celokupno Lekarstvo*, 145(11–12). <https://doi.org/10.2298/SARH160328105A>
- Albright, A. (2013). *Diabetes, Clinical Exercise Physiology*, 3rd Edition, Human Kinetics, Champaign, IL
- Albright, A., Franz, M., Hornsby, G., Kriska, A., Marrero, D., Ullrich, I., & Verity, L. S. (2000). ACSM position stand on exercise and type 2 diabetes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 32. <https://doi.org/10.1097/00005768-200007000-00024>
- Aldiss, P., Betts, J., Sale, C., Pope, M., Budge, H., & Symonds, M. E. (2018). Exercise-induced ‘browning’ of adipose tissues. *Metabolism: Clinical and Experimental*. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.11.009>

- Alves, E. D., Panissa, V. L. G., Barros, B. J., Franchini, E., & Takito, M. Y. (2019). Translation, adaptation, and reproducibility of the Physical Activity Enjoyment Scale (PACES) and Feeling Scale to Brazilian Portuguese. *Sport Sciences for Health*, 15(2). <https://doi.org/10.1007/s11332-018-0516-4>
- Amanat, S., Ghahri, S., Dianatinasab, A., Fararouei, M., & Dianatinasab, M. (2020). Exercise and Type 2 Diabetes. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-1792-1\\_6](https://doi.org/10.1007/978-981-15-1792-1_6)
- American Diabetes Association (2019) Classification and diagnosis of diabetes: Standards of medical care in diabetes 2019. *Diabetes Care*, 42. <https://doi.org/10.2337/dc19-S002>
- American Diabetes Association (2018). Standards of Medical Care in Diabetes — 2018. *KIDNEYS*, 7(1). <https://doi.org/10.22141/2307-1257.7.1.2018.122219>
- Anderson-Hanley, C., Arciero, P. J., Westen, S. C., Nimon, J., & Zimmerman, E. (2012). Neuropsychological benefits of stationary bike exercise and a cybercycle exergame for older adults with diabetes: An exploratory analysis. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 6(4). <https://doi.org/10.1177/193229681200600416>
- Anjos, D. M. da C., Moreira, B. de S., Kirkwood, R. N., Dias, R. C., Pereira, D. S., & Pereira, L. S. M. (2017). Effects of aerobic exercise on functional capacity, anthropometric measurements and inflammatory markers in diabetic elderly women. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 21(3). <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2016.07.012>
- Annibalini, G., Lucertini, F., Agostini, D., Vallorani, L., Gioacchini, A., Barbieri, E., ... Stocchi, V. (2017). Concurrent Aerobic and Resistance Training Has Anti-Inflammatory Effects and Increases Both Plasma and Leukocyte Levels of IGF-1 in Late Middle-Aged Type 2 Diabetic Patients. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. <https://doi.org/10.1155/2017/3937842>
- Areosa Sastre, A., Vernooij, R. W. M., González-Colaço Harmand, M., & Martínez, G. (2017). Effect of the treatment of Type 2 diabetes mellitus on the development of cognitive impairment and dementia. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003804.pub2>
- Bacchi, E., & Moghetti, P. (2013). Exercise for hepatic fat accumulation in type 2 diabetic subjects. *International Journal of Endocrinology*. <https://doi.org/10.1155/2013/309191>
- Bacchi, E., Negri, C., Tarperi, C., Baraldo, A., Faccioli, N., Milanese, C., ... Moghetti, P. (2014). Relationships between cardiorespiratory fitness, metabolic control, and fat distribution in type 2 diabetes subjects. *Acta Diabetologica*. <https://doi.org/10.1007/s00592-013-0519-1>
- Bacchi, E., Negri, C., Zanolin, M. E., Milanese, C., Faccioli, N., Trombetta, M., ... Moghetti, P. (2012). Metabolic effects of aerobic training and resistance training in

- type 2 diabetic subjects: A randomized controlled trial (the RAED2 study). *Diabetes Care*. <https://doi.org/10.2337/dc11-1655>
- Baker, L. D., Frank, L. L., Foster-Schubert, K., Green, P. S., Wilkinson, C. W., McTiernan, A., ... Craft, S. (2010). Aerobic exercise improves cognition for older adults with glucose intolerance, a risk factor for Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, 22(2). <https://doi.org/10.3233/JAD-2010-100768>
- Balducci, S., Conti, F., Sacchetti, M., Russo, C. R., Argento, G., Haxhi, J., ... Pugliese, G. (2019). Study to Weigh the Effect of Exercise Training on BONE quality and strength (SWEET BONE) in type 2 diabetes: study protocol for a randomised clinical trial. *BMJ Open*, 9(11). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-027429>
- Balducci, S., Sacchetti, M., Haxhi, J., Orlando, G., D'Errico, V., Fallucca, S., ... Pugliese, G. (2014). Physical exercise as therapy for type 2 diabetes mellitus. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, Vol. 30. <https://doi.org/10.1002/dmrr.2514>
- Balducci, S., Vulpiani, M. C., Pugliese, L., D'Errico, V., Menini, S., Salerno, G., ... Pugliese, G. (2014). Effect of supervised exercise training on musculoskeletal symptoms and function in patients with type 2 diabetes: The Italian Diabetes Exercise Study (IDES). *Acta Diabetologica*. <https://doi.org/10.1007/s00592-014-0571-5>
- Balducci, S., Zanuso, S., Cardelli, P., Salvi, L., Bazuro, A., Pugliese, L., ... Pugliese, G. (2012). Effect of High- versus Low-Intensity Supervised Aerobic and Resistance Training on Modifiable Cardiovascular Risk Factors in Type 2 Diabetes; The Italian Diabetes and Exercise Study (IDES). *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049297>
- Bangsbo, J., Junge, A., Dvorak, J., & Krstrup, P. (2014). Executive summary: Football for health - prevention and treatment of non-communicable diseases across the lifespan through football. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24(SUPPL.1). <https://doi.org/10.1111/sms.12271>
- Banitalebi, E., Faramarzi, M., & Nasiri, S. (2018). High-Intensity Interval Training Versus Moderate Intensity Combined Training (Resistance and Aerobic) for Improving Insulin-Related Adipokines in Type 2 Diabetic Women. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences*. <https://doi.org/10.5812/zjrms.68793~>
- Baptista, F., Sardinha, L., (2005). Avaliação da Aptidão Física e do Equilíbrio de Pessoas Idosas, Baterias de Fullerton, Edições FMH, Cruz Quebrada
- Baptista, L. C., Machado-Rodrigues, A. M., & Martins, R. A. (2017). Exercise but not metformin improves health-related quality of life and mood states in older adults with type 2 diabetes. *European Journal of Sport Science*. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1310933>
- Barbosa, A., Brito, J., Figueiredo, P., Seabra, A., & Mendes, R. (2020). Football can tackle type 2 diabetes: a systematic review of the health effects of recreational

- football practice in individuals with prediabetes and type 2 diabetes. *Research in Sports Medicine (Print)*. <https://doi.org/10.1080/15438627.2020.1777417>
- Barrile, S. R., Valderramas, C. G. M., Nunes, A. J., Heubel, A. D., Arca, E. A., Iwamoto, H. C. T., ... Gimenes, C. (2017). Effects of multicomponent training on pulmonary function, functional capacity and quality of life in older adults with type 2 diabetes. *Sport Sciences for Health*. <https://doi.org/10.1007/s11332-016-0316-7>
- Barrios-Fernández, S., Pérez-Gómez, J., Galán-Arroyo, M. D. C., Señorán-Rivera, J., Martín-Carmona, R., Mendoza-Muñoz, M., ... Adsuar, J. C. (2020). Reliability of 30-s chair stand test with and without cognitive task in people with type-2 diabetes mellitus. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph17041450>
- Bassi, D., Cabiddu, R., Mendes, R. G., Tossini, N., Arakelian, V. M., Caruso, F. C. R., ... Borghi-Silva, A. (2018). Efeitos da Coexistência de Diabetes Tipo 2 e Hipertensão sobre a Variabilidade da Frequência Cardíaca e Capacidade Cardiorrespiratória. *Arq Bras Cardiol*. <https://doi.org/10.5935/abc.20180105>
- Becic, T., Studenik, C., & Hoffmann, G. (2018). Exercise Increases Adiponectin and Reduces Leptin Levels in Prediabetic and Diabetic Individuals: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Medical Sciences*. <https://doi.org/10.3390/medsci6040097>
- Bohannon, R. W., Wolfson, L. I., & White, W. B. (2017). Functional reach of older adults: normative reference values based on new and published data. *Physiotherapy (United Kingdom)*, 103(4). <https://doi.org/10.1016/j.physio.2017.03.006>
- Borg, G. A. V. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5).
- Bottomley, J. (2008). Economic costs of diabetes in the US in 2007 - Implications for Europe. *British Journal of Diabetes and Vascular Disease*, 8(2), 96–100. <https://doi.org/10.1177/14746514080080020801>
- Boulé, N. G., Kenny, G. P., Larose, J., Khandwala, F., Kuzik, N., & Sigal, R. J. (2013). Does metformin modify the effect on glycaemic control of aerobic exercise, resistance exercise or both? *Diabetologia*. <https://doi.org/10.1007/s00125-013-3026-6>
- Boulé, N. G., Robert, C., Bell, G. J., Johnson, S. T., Bell, R. C., Lewanczuk, R. Z., ... Brocks, D. R. (2011). Metformin and exercise in type 2 diabetes: Examining treatment modality interactions. *Diabetes Care*. <https://doi.org/10.2337/dc10-2207>
- Bourdel-Marchasson, I., Lapre, E., Laksir, H., & Puget, E. (2010). Insulin resistance, diabetes and cognitive function: Consequences for preventative strategies. *Diabetes and Metabolism*. <https://doi.org/10.1016/j.diabet.2010.03.001>

- Braun, B., Malin, S. K., Nightingale, J., Choi, S. E., & Chipkin, S. R. (2013). Metformin modifies the exercise training effects on risk factors for cardiovascular disease in impaired glucose tolerant adults. *Obesity*. <https://doi.org/10.1038/oby.2012.133>
- Brinkmann, C., & Brixius, K. (2015). Hyperlactatemia in type 2 diabetes: Can physical training help? *Journal of Diabetes and Its Complications*. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2015.05.018>
- Brown, E. C., Franklin, B. A., Regensteiner, J. G., & Stewart, K. J. (2020). Effects of single bout resistance exercise on glucose levels, insulin action, and cardiovascular risk in type 2 diabetes: A narrative review. *Journal of Diabetes and Its Complications*. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2020.107610>
- Byrne, H., Caulfield, B., & De Vito, G. (2017). Effects of Self-directed Exercise Programmes on Individuals with Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review Evaluating Their Effect on HbA1c and Other Metabolic Outcomes, Physical Characteristics, Cardiorespiratory Fitness and Functional Outcomes. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0593-y>
- Cadore, E. L., & Izquierdo, M. (2015). Exercise interventions in polypathological aging patients that coexist with diabetes mellitus: improving functional status and quality of life. *Age*. <https://doi.org/10.1007/s11357-015-9800-2>
- Cadore, E. L., Rodríguez-Mañas, L., Sinclair, A., & Izquierdo, M. (2013). Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: A systematic review. *Rejuvenation Research*, Vol. 16. <https://doi.org/10.1089/rej.2012.1397>
- Cai, H., Li, G., Zhang, P., Xu, D., & Chen, L. (2017). Effect of exercise on the quality of life in type 2 diabetes mellitus: a systematic review. *Quality of Life Research*. <https://doi.org/10.1007/s11136-016-1481-5>
- Callisaya, M. L., Daly, R. M., Sharman, J. E., Bruce, D., Davis, T. M. E., Greenaway, T., ... Srikanth, V. K. (2017). Feasibility of a multi-modal exercise program on cognition in older adults with Type 2 diabetes - A pilot randomised controlled trial. *BMC Geriatrics*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12877-017-0635-9>
- Candela, J. (2017). Prevención de la diabetes mellitus tipo 2 – Enfoque de las situaciones de riesgo de diabetes, Tratado de Diabetes Mellitus, Sociedad Española de Diabetes, 2ª edición, Editorial Médica Panamericana, S. A., Madrid
- Carbone, S., Del Buono, M. G., Ozemek, C., & Lavie, C. J. (2019). Obesity, risk of diabetes and role of physical activity, exercise training and cardiorespiratory fitness. *Progress in Cardiovascular Diseases*. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2019.08.004>
- Carris, N. W., Tsalatsanis, A., Tipparaju, S. M., Cheng, F., Magness, R. R., & Kumar, A. (2018). Metformin's impact on statin-associated muscle symptoms: An analysis of ACCORD study data and research materials from the NHLBI Biologic Specimen and Data Repository Information Coordinating Center. *Diabetes, Obesity and Metabolism*. <https://doi.org/10.1111/dom.13302>

- Cavaco, S., Gonçalves, A., Pinto, C., Almeida, E., Gomes, F., Moreira, I., ... Teixeira-Pinto, A. (2013). Trail making test: Regression-based norms for the portuguese population. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 28(2). <https://doi.org/10.1093/arclin/acs115>
- Centers for Disease Control and Prevention (2020). National Diabetes Statistical Report. <https://www.cdc.gov/diabetes/data/statistics/statistics-report.html>
- Cetinus, E., Buyukbese, M. A., Uzel, M., Ekerbicer, H., & Karaoguz, A. (2005). Hand grip strength in patients with type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 70(3). <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2005.03.028>
- Cho, N. H., Shaw, J. E., Karuranga, S., Huang, Y., da Rocha Fernandes, J. D., Ohlrogge, A. W., & Malanda, B. (2018). IDF Diabetes Atlas: Global estimates of diabetes prevalence for 2017 and projections for 2045. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2018.02.023>
- Chong, H., Choi, Y. E., Kong, J. Y., Park, J. H., Yoo, H. J., Byeon, J. H., ... Lee, S. H. (2020). Association of Hand Grip Strength and Cardiometabolic Markers in Korean Adult Population: The Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2015-2016. *Korean Journal of Family Medicine*. <https://doi.org/10.4082/kjfm.18.0129>
- Christensen, J., Valentiner, L. S., Petersen, R. J., & Langberg, H. (2016). The effect of game-based interventions in rehabilitation of diabetics: A systematic review and meta-analysis. *Telemedicine and E-Health*. <https://doi.org/10.1089/tmj.2015.0165>
- Chua, K. Y., Lim, W. S., Lin, X., Yuan, J. M., & Koh, W. P. (2020). Handgrip Strength and Timed Up-and-Go (TUG) Test are Predictors of Short-Term Mortality among Elderly in a Population-Based Cohort in Singapore. *Journal of Nutrition, Health and Aging*, 24(4). <https://doi.org/10.1007/s12603-020-1337-0>
- Church, T. S., Blair, S. N., Cocreham, S., Johannsen, N., Johnson, W., Kramer, K., ... Earnest, C. P. (2010). Effects of aerobic and resistance training on hemoglobin A1c levels in patients with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *JAMA - Journal of the American Medical Association*. <https://doi.org/10.1001/jama.2010.1710>
- Codella, R., Ialacqua, M., Terruzzi, I., & Luzi, L. (2018). May the force be with you: why resistance training is essential for subjects with type 2 diabetes mellitus without complications. *Endocrine*. <https://doi.org/10.1007/s12020-018-1603-7>
- Colberg, S. R., Sigal, R. J., Fernhall, B., Regensteiner, J. G., Blissmer, B. J., Rubin, R. R., ... Braun, B. (2010). Exercise and type 2 diabetes: The American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: Joint position statement. *Diabetes Care*. <https://doi.org/10.2337/dc10-9990>
- Colberg, S. R., Sigal, R. J., Yardley, J. E., Riddell, M. C., Dunstan, D. W., Dempsey, P. C., ... Tate, D. F. (2016). Physical activity/exercise and diabetes: A position

statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care*.  
<https://doi.org/10.2337/dc16-1728>

- Colberg, S. R., Swain, D. P., & Vinik, A. I. (2003). Use of heart rate reserve and rating of perceived exertion to prescribe exercise intensity in diabetic autonomic neuropathy. *Diabetes Care*, 26(4). <https://doi.org/10.2337/diacare.26.4.986>
- Cornell, S. (2015). Continual evolution of type 2 diabetes: An update on pathophysiology and emerging treatment options. *Therapeutics and Clinical Risk Management*, Vol. 11. <https://doi.org/10.2147/TCRM.S67387>
- Costa, F. A. da Guerreiro, J. P., & Duggan, C. (2006). Um exame à Qualidade de Vida dependente da Diabetes (ADDQoL) em Portugal: avaliação da validade e fiabilidade. *Pharmacy Practice*, 4(3).
- Crapo, R. O., Casaburi, R., Coates, A. L., Enright, P. L., MacIntyre, N. R., McKay, R. T., ... Mottram, C. (2002). ATS statement: Guidelines for the six-minute walk test. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, Vol. 166. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.166.1.at1102>
- Cukierman-Yaffe, T., Gerstein, H. C., Williamson, J. D., Lazar, R. M., Lovato, L., Miller, M. E., ... Launer, L. (2009). Relationship between baseline glycemic control and cognitive function in individuals with type 2 diabetes and other cardiovascular risk factors the action to control cardiovascular risk in diabetes-memory in diabetes (ACCORD-MIND) trial. *Diabetes Care*, 32(2). <https://doi.org/10.2337/dc08-1153>
- Davis, J. K., & Green, J. M. (2007). Resistance training and type-2 diabetes. *Strength and Conditioning Journal*. <https://doi.org/10.1519/00126548-200702000-00008>
- De Buyser, S. L., Petrovic, M., Taes, Y. E., Toye, K. R. C., Kaufman, J. M., & Goemaere, S. (2013). Physical function measurements predict mortality in ambulatory older men. *European Journal of Clinical Investigation*, 43(4). <https://doi.org/10.1111/eci.12056>
- De Moura, B. P., Natali, A. J., Marins, J. C. B., & Amorim, P. R. S. (2011). Different approaches of physical training used in the management of type 2 diabetes: A brief systematic review of randomised clinical trials. *British Journal of Diabetes and Vascular Disease*. <https://doi.org/10.1177/1474651411410578>
- De Nardi, A. T., Tolves, T., Lenzi, T. L., Signori, L. U., & Silva, A. M. V. da. (2018). High-intensity interval training versus continuous training on physiological and metabolic variables in prediabetes and type 2 diabetes: A meta-analysis. *Diabetes Research and Clinical Practice*. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2017.12.017>
- Deary, I. J., Liewald, D., & Nissan, J. (2011). A free, easy-to-use, computer-based simple and four-choice reaction time programme: The Deary-Liewald reaction time task. *Behavior Research Methods*, 43(1). <https://doi.org/10.3758/s13428-010-0024-1>
- Del Vecchio, F. B., Galliano, L. M., & Coswig, V. S. (2013). Aplicações do exercício intermitente de alta intensidade na síndrome metabólica Applications of high-

intensity intermittent. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12820/rbafs.v.18n6p669>

- Delevatti, R. S., Bracht, C. G., Lisboa, S. D. C., Costa, R. R., Marson, E. C., Netto, N., & Kruehl, L. F. M. (2019). The Role of Aerobic Training Variables Progression on Glycemic Control of Patients with Type 2 Diabetes: a Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Medicine - Open*. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0194-z>
- Dewal, R. S., & Stanford, K. I. (2019). Effects of exercise on brown and beige adipocytes. *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular and Cell Biology of Lipids*. <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2018.04.013>
- Dhillon, R. J. S., & Hasni, S. (2017). Pathogenesis and Management of Sarcopenia. *Clinics in Geriatric Medicine*, Vol. 33. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2016.08.002>
- DiMenna, F. J., & Arad, A. D. (2018). Exercise as 'precision medicine' for insulin resistance and its progression to type 2 diabetes: A research review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1186/s13102-018-0110-8>
- Domínguez, R., Garnacho-Castaño, M. V., & Maté-Muñoz, J. L. (2016). Efectos del entrenamiento contra resistencias o resistance training en diversas patologías. *Nutricion Hospitalaria*. <https://doi.org/10.20960/nh.284>
- Dominguez-Muñoz, F. J., Hernández-Mocholi, M. A., Manso, L. J., Collado-Mateo, D., Villafaina, S., Adsuar, J. C., & Gusi, N. (2019). Test-retest reliability of kinematic parameters of timed up and go in people with type 2 diabetes. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(21). <https://doi.org/10.3390/app9214709>
- Duncan, P. W., Studenski, S., Chandler, J., & Prescott, B. (1992). Functional reach: Predictive validity in a sample of elderly male veterans. *Journals of Gerontology*, 47(3). <https://doi.org/10.1093/geronj/47.3.M93>
- Duncan, P. W., Weiner, D. K., Chandler, J., & Studenski, S. (1990). Functional reach: A new clinical measure of balance. *Journals of Gerontology*, 45(6). <https://doi.org/10.1093/geronj/45.6.M192>
- Dunstan, D. W., Daly, R. M., Owen, N., Jolley, D., Vulikh, E., Shaw, J., & Zimmet, P. (2005). Home-based resistance training is not sufficient to maintain improved glycemic control following supervised training in older individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. <https://doi.org/10.2337/diacare.28.1.3>
- Dyer, A. H., Briggs, R., Mockler, D., Gibney, J., & Kennelly, S. P. (2020). Non-pharmacological interventions for cognition in patients with Type 2 diabetes mellitus: A systematic review. *QJM*. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcz053>
- Earnest, C. P., Johannsen, N. M., Swift, D. L., Gillison, F. B., Mikus, C. R., Lucia, A., ... Church, T. S. (2014). Aerobic and strength training in concomitant metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000242>

- Eghbalzadeh, K., Brixius, K., Bloch, W., & Brinkmann, C. (2014). Skeletal muscle nitric oxide (NO) synthases and NO-signaling in “diabesity” - What about the relevance of exercise training interventions? *Nitric Oxide - Biology and Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2013.12.009>
- Eltonsy, S., Dufour Doiron, M., Simard, P., Jose, C., Sénéchal, M., Bouchard, D. R., ... Bélanger, M. (2019). Effects of the combination of metformin and exercise on glycated hemoglobin, functional capacity, lipid profile, quality of life, and body weight. *Journal of International Medical Research*. <https://doi.org/10.1177/0300060518817164>
- Emdin, C. A., Khera, A. V., Natarajan, P., Klarin, D., Zekavat, S. M., Hsiao, A. J., & Kathiresan, S. (2017). Genetic association of waist-to-hip ratio with cardiometabolic traits, type 2 diabetes, and coronary heart disease. *JAMA - Journal of the American Medical Association*, 317(6). <https://doi.org/10.1001/jama.2016.21042>
- ESACA (2017). Envelhecer em Segurança no Alentejo Compreender para Agir, Manual de Avaliação Funcional para o Risco de Quedas em Pessoas Idosas, Edições Universidade de Évora, Évora
- Espeland, M. A., Erickson, K., Neiberg, R. H., Jakicic, J. M., Wadden, T. A., Wing, R. R., ... Walker, J. (2016). Brain and white matter hyperintensity volumes after 10 years of random assignment to lifestyle intervention. *Diabetes Care*, 39(5). <https://doi.org/10.2337/dc15-2230>
- Eves, N. D., & Plotnikoff, R. C. (2006). Resistance training and type 2 diabetes: Considerations for implementation at the population level. *Diabetes Care*. <https://doi.org/10.2337/dc05-1981>
- Falck, R. S., Davis, J. C., Best, J. R., Crockett, R. A., & Liu-Ambrose, T. (2019). Impact of exercise training on physical and cognitive function among older adults: a systematic review and meta-analysis. *Neurobiology of Aging*. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2019.03.007>
- Falconer, C. L., Page, A. S., Andrews, R. C., & Cooper, A. R. (2015). The Potential Impact of Displacing Sedentary Time in Adults with Type 2 Diabetes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(10), 2070–2075. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000651>
- Fernandes S. (2013). Stroop-teste De Cores e Palavras-Adaptação Portuguesa. CEGOCTEA. LDA, Lisboa
- Figueira, F. R., Umpierre, D., Cureau, F. V., Zucatti, A. T. N., Dalzochio, M. B., Leitão, C. B., & Schaan, B. D. (2014). Association between Physical Activity Advice Only or Structured Exercise Training with Blood Pressure Levels in Patients with Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0226-2>

- Francois, M. E., & Little, J. P. (2015). Effectiveness and safety of high-intensity interval training in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Spectrum*. <https://doi.org/10.2337/diaspect.28.1.39>
- Fujiwara, Y., Eguchi, S., Murayama, H., Takahashi, Y., Toda, M., Imai, K., & Tsuda, K. (2019). Relationship between diet/exercise and pharmacotherapy to enhance the GLP-1 levels in type 2 diabetes. *Endocrinology, Diabetes & Metabolism*. <https://doi.org/10.1002/edm2.68>
- Gao, Y., Xiao, Y., Miao, R., Zhao, J., Zhang, W., Huang, G., & Ma, F. (2015). The characteristic of cognitive function in Type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 109(2). <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2015.05.019>
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., ... Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7). <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213fefb>
- Garcia, S. (2017), Ejercicio físico y diabetes, Tratado de Diabetes Mellitus, Sociedad Espanola de Diabetes, 2ª edición, Editorial Médica Panamericana, S. A., Madrid
- García-Hermoso, A., Cavero-Redondo, I., Ramírez-Vélez, R., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Lee, D. C., & Martínez-Vizcaíno, V. (2018). Muscular Strength as a Predictor of All-Cause Mortality in an Apparently Healthy Population: A Systematic Review and Meta-Analysis of Data From Approximately 2 Million Men and Women. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.01.008>
- Gebhart, G. F., & Schmidt, R. F. (Eds.). (2013). Mastery Experience. In *Encyclopedia of Pain* (p. 1791). [https://doi.org/10.1007/978-3-642-28753-4\\_201217](https://doi.org/10.1007/978-3-642-28753-4_201217)
- Gibala, M. J., Little, J. P., Macdonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *Journal of Physiology*, 590(5), 1077–1084. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.224725>
- Goday-Arnó, A., Menéndez-Torre, E., Barrio-Castellanos, A., & Novials-Sardá, A. (2017). Tratado de Diabetes Mellitus. 2ª edición, Editorial Médica Panamericana, S. A., Madrid
- Gordon, B. A., Benson, A. C., Bird, S. R., & Fraser, S. F. (2009). Resistance training improves metabolic health in type 2 diabetes: A systematic review. *Diabetes Research and Clinical Practice*. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2008.11.024>
- Grabert, D., & Feito, Y. (2013). Management of type 2 diabetes mellitus: Resistance training effects. *Strength and Conditioning Journal*. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31829777dc>

- Grace, A., Chan, E., Giallauria, F., Graham, P. L., & Smart, N. A. (2017). Clinical outcomes and glycaemic responses to different aerobic exercise training intensities in type II diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Cardiovascular Diabetology*. <https://doi.org/10.1186/s12933-017-0518-6>
- Green, S., Egaña, M., Baldi, J. C., Lamberts, R., & Regensteiner, J. G. (2015). Cardiovascular control during exercise in type 2 diabetes mellitus. *Journal of Diabetes Research*. <https://doi.org/10.1155/2015/654204>
- Gu, Y., & Dennis, S. M. (2017). Are falls prevention programs effective at reducing the risk factors for falls in people with type-2 diabetes mellitus and peripheral neuropathy: A systematic review with narrative synthesis. *Journal of Diabetes and Its Complications*. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2016.10.004>
- Gu, Y., Dennis, S. M., Kiernan, M. C., & Harmer, A. R. (2019). Aerobic exercise training may improve nerve function in type 2 diabetes and pre-diabetes: A systematic review. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*. <https://doi.org/10.1002/dmrr.3099>
- Guadagni, V., Drogos, L. L., Tyndall, A. V., Davenport, M. H., Anderson, T. J., Eskes, G. A., ... Poulin, M. J. (2020). Aerobic exercise improves cognition and cerebrovascular regulation in older adults. *Neurology*. <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000009478>
- Guglani, R., Shenoy, S., & Sandhu, J. S. (2014). Effect of progressive pedometer based walking intervention on quality of life and general well being among patients with type 2 diabetes. *Journal of Diabetes and Metabolic Disorders*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s40200-014-0110-5>
- Habibzadeh, S. N. (2020). The Hazards of Abdominal Obesity. *International Journal of Global Health*, 1(1). <https://doi.org/10.14302/issn.2693-1176.ijgh-20-3269>
- Hamann, C., Kirschner, S., Günther, K. P., & Hofbauer, L. C. (2012). Bone, sweet bone - Osteoporotic fractures in diabetes mellitus. *Nature Reviews Endocrinology*, Vol. 8. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2011.233>
- Hansen, D., De Strijcker, D., & Calders, P. (2017). Impact of Endurance Exercise Training in the Fasted State on Muscle Biochemistry and Metabolism in Healthy Subjects: Can These Effects be of Particular Clinical Benefit to Type 2 Diabetes Mellitus and Insulin-Resistant Patients? *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0594-x>
- Hansen, D., Peeters, S., Zwaenepoel, B., Verleyen, D., Wittebrood, C., Timmerman, N., & Schotte, M. (2013). Exercise assessment and prescription in patients with type 2 diabetes in the private and home care setting: Clinical recommendations from AXXON (Belgian Physical Therapy Association). *Physical Therapy*, 93(5). <https://doi.org/10.2522/ptj.20120400>

- Hardy, C. J., & Rejeski, W. J. (2016). Not What, but How One Feels: The Measurement of Affect during Exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 11(3). <https://doi.org/10.1123/jsep.11.3.304>
- Haufe, S., Engeli, S., Budziarek, P., Utz, W., Schulz-Menger, J., Hermsdorf, M., ... Jordan, J. (2010). Cardiorespiratory fitness and insulin sensitivity in overweight or obese subjects may be linked through intrahepatic lipid content. *Diabetes*. <https://doi.org/10.2337/db09-1200>
- Hawley, J. A., & Burke, L. M. (2010). Carbohydrate availability and training adaptation: Effects on cell metabolism. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 38(4). <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3181f44dd9>
- Hazari, M. A. H., Ram Reddy, B., Uzma, N., & Santhosh Kumar, B. (2015). Cognitive impairment in type 2 diabetes mellitus. *International Journal of Diabetes Mellitus*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdm.2011.01.001>
- Healy, G. N., Winkler, E. A. H., Brakenridge, C. L., Reeves, M. M., & Eakin, E. G. (2015). Accelerometer-derived sedentary and physical activity time in overweight/obese adults with type 2 diabetes: Cross-sectional associations with cardiometabolic biomarkers. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119140>
- Helal, L., Umpierre, D., & Moraes, R. S. (2017). High-intensity aerobic interval training improves aerobic fitness and HbA1c among persons diagnosed with type 2 diabetes: considerations regarding HbA1c starting levels and intervention design. *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3682-1>
- Hernandez, S. Martinez, G. (2017), Epidemiologia de la diabetes mellitus tipo 2, Tratado de Diabetes Mellitus, Sociedad Española de Diabetes, Editorial Médica Panamericana, S.A., Madrid
- Heubel, A. D., Gimenes, C., Marques, T. S., Arca, E. A., Martinelli, B., & Barrile, S. R. (2018). Treinamento multicomponente melhora a aptidão funcional e controle glicêmico de idosos com diabetes tipo 2. *Journal of Physical Education*. <https://doi.org/10.4025/jphyseduc.v29i1.2922>
- Heyward, V. (2013), Avaliação Física e Prescrição de Exercício, Técnicas Avançadas, 6ª Edição, Artmed, Porto Alegre
- Hills, A. P., Shultz, S. P., Soares, M. J., Byrne, N. M., Hunter, G. R., King, N. A., & Misra, A. (2010). Resistance training for obese, type 2 diabetic adults: A review of the evidence. *Obesity Reviews*. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2009.00692.x>
- Højlund, K., Mogensen, M., Sahlin, K., & Beck-Nielsen, H. (2008). Mitochondrial Dysfunction in Type 2 Diabetes and Obesity. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*. <https://doi.org/10.1016/j.ecl.2008.06.006>
- Holten, M. K., Zacho, M., Gaster, M., Juel, C., Wojtaszewski, J. F. P., & Dela, F. (2004). Strength Training Increases Insulin-Mediated Glucose Uptake, GLUT4 Content, and

Insulin Signaling in Skeletal Muscle in Patients with Type 2 Diabetes. *Diabetes*. <https://doi.org/10.2337/diabetes.53.2.294>

- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Hordern, M. D., Dunstan, D. W., Prins, J. B., Baker, M. K., Singh, M. A. F., & Coombes, J. S. (2012). Exercise prescription for patients with type 2 diabetes and pre-diabetes: A position statement from Exercise and Sport Science Australia. *Journal of Science and Medicine in Sport*. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.04.005>
- Hovanec, N., Sawant, A., Overend, T. J., Petrella, R. J., & Vandervoort, A. A. (2012). Resistance training and older adults with type 2 diabetes mellitus: Strength of the evidence. *Journal of Aging Research*. <https://doi.org/10.1155/2012/284635>
- Hu, D., Russell, R. D., Remash, D., Greenaway, T., Rattigan, S., Squibb, K. A., ... Keske, M. A. (2018). Are the metabolic benefits of resistance training in type 2 diabetes linked to improvements in adipose tissue microvascular blood flow? *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00234.2018>
- Hurtado, E. (2017), Definición y clasificación de la diabetes mellitus y otras categorías de intolerância a la glucose, Tratado de Diabetes Mellitus, Sociedad Espanola de Diabetes, 2ª edición, Editorial Médica Panamericana, S. A., Madrid
- Hwang, C. L., Lim, J., Yoo, J. K., Kim, H. K., Hwang, M. H., Handberg, E. M., ... Christou, D. D. (2019). Effect of all-extremity high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on aerobic fitness in middle-aged and older adults with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *Experimental Gerontology*. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.12.013>
- Hwang, M.-H., & Kim, S. (2014). Type 2 Diabetes: Endothelial dysfunction and Exercise. *Journal of Exercise Nutrition and Biochemistry*. <https://doi.org/10.5717/jenb.2014.18.3.239>
- Hwang, M.-H., & Kim, S. (2014). Type 2 Diabetes: Endothelial dysfunction and Exercise. *Journal of Exercise Nutrition and Biochemistry*. <https://doi.org/10.5717/jenb.2014.18.3.239>
- Hygum, K., Starup-Linde, J., Harsløf, T., Vestergaard, P., & Langdahl, B. L. (2017). Diabetes mellitus, a state of low bone turnover-a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Endocrinology*. <https://doi.org/10.1530/EJE-16-0652>
- INE (2015). Causas de Morte em Portugal 2013, Instituto Nacional de Estatística, Lisboa. [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_destaquas&DESTAQUE\\_Sdest\\_boui=229848995&DESTAQUESmodo=2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaquas&DESTAQUE_Sdest_boui=229848995&DESTAQUESmodo=2)
- International Diabetes Federation (2013), IDF Diabetes Atlas, 6<sup>th</sup> Edition, Brussels (Belgium) International Diabetes Federation. <https://www.idf.org/diabetesatlas>

- International Diabetes Federation (2019), IDF Diabetes Atlas, 9<sup>th</sup> Edition, Brussels (Belgium) International Diabetes Federation. <https://www.idf.org/diabetesatlas>
- Ishiguro, H., Kodama, S., Horikawa, C., Fujihara, K., Hirose, A. S., Hirasawa, R., ... Sone, H. (2016). In Search of the Ideal Resistance Training Program to Improve Glycemic Control and its Indication for Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0379-7>
- Jabardo-Camprubí, G., Donat-Roca, R., Sitjà-Rabert, M., Milà-Villarroel, R., & Bort-Roig, J. (2020). Drop-out ratio between moderate to high-intensity physical exercise treatment by patients with, or at risk of, type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Physiology and Behavior*, Vol. 215. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.112786>
- Jayedi, A., Soltani, S., Zargar, M. S., Khan, T. A., & Shab-Bidar, S. (2020). Central fatness and risk of all cause mortality: Systematic review and dose-response meta-analysis of 72 prospective cohort studies. *The BMJ*, Vol. 370. <https://doi.org/10.1136/bmj.m3324>
- Jelleyman, C., Yates, T., O'Donovan, G., Gray, L. J., King, J. A., Khunti, K., & Davies, M. J. (2015). The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: A meta-analysis. *Obesity Reviews*. <https://doi.org/10.1111/obr.12317>
- Jiménez-Maldonado, A., García-Suárez, P. C., Rentería, I., Moncada-Jiménez, J., & Plaisance, E. P. (2020). Impact of high-intensity interval training and sprint interval training on peripheral markers of glycemic control in metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular Basis of Disease*. <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2020.165820>
- Jing, X., Chen, J., Dong, Y., Han, D., Zhao, H., Wang, X., ... Ma, J. (2018). Related factors of quality of life of type 2 diabetes patients: a systematic review and meta-analysis. *Health and Quality of Life Outcomes*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12955-018-1021-9>
- Kadoglou, N. P. E., Fotiadis, G., Kapelouzou, A., Kostakis, A., Liapis, C. D., & Vrabas, I. S. (2013). The differential anti-inflammatory effects of exercise modalities and their association with early carotid atherosclerosis progression in patients with Type 2 diabetes. *Diabetic Medicine*, 30(2). <https://doi.org/10.1111/dme.12055>
- Kahn, S. E., Hull, R. L., & Utzschneider, K. M. (2006). Mechanisms linking obesity to insulin resistance and type 2 diabetes. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/nature05482>
- Karstoft, K., Winding, K., Knudsen, S. H., Nielsen, J. S., Thomsen, C., Pedersen, B. K., & Solomon, T. P. J. (2013). The effects of free-living interval-walking training on glycemic control, body composition, and physical fitness in type 2 diabetic patients: A randomized, controlled trial. *Diabetes Care*, 36(2). <https://doi.org/10.2337/dc12-0658>

- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2012). Physiology of sport and exercise 2012e. In *Physiology of Sport and Exercise* (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kilpatrick, M. W., Greeley, S. J., & Collins, L. H. (2015). The Impact of Continuous and Interval Cycle Exercise on Affect and Enjoyment. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 86(3). <https://doi.org/10.1080/02701367.2015.1015673>
- Kirwan, J. P., Sacks, J., & Nieuwoudt, S. (2017). The essential role of exercise in the management of type 2 diabetes. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*. <https://doi.org/10.3949/ccjm.84.s1.03>
- Klandorf, H., PhD, & Stark, S. W. R. A. D. (2019). Diabetes mellitus. *Magill's Medical Guide (Online Edition)*.
- Kodl, C. T., & Seaquist, E. R. (2008). Cognitive dysfunction and diabetes mellitus. *Endocrine Reviews*. <https://doi.org/10.1210/er.2007-0034>
- Kwon, H. R., Min, K. W., Ahn, H. J., Seok, H. G., Lee, J. H., Park, G. S., & Han, K. A. (2011). Effects of aerobic exercise vs. Resistance training on endothelial function in women with type 2 diabetes mellitus. *Diabetes and Metabolism Journal*. <https://doi.org/10.4093/dmj.2011.35.4.364>
- Labban, L. (2015). Can Physical Activity Reduce the Need of Medications for Diabetes Mellitus Management? *Journal of Diabetes & Metabolism*. <https://doi.org/10.4172/2155-6156.s13-015>
- Labott, B. K., Bucht, H., Morat, M., Morat, T., & Donath, L. (2019). Effects of Exercise Training on Handgrip Strength in Older Adults: A Meta-Analytical Review. *Gerontology*, Vol. 65. <https://doi.org/10.1159/000501203>
- LaFontaine, T. (2000). Strength and Conditioning in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Strength and Conditioning Journal*. <https://doi.org/10.1519/00126548-200006000-00018>
- Lambers, S., van Laethem, C., van Acker, K., & Calders, P. (2008). Influence of combined exercise training on indices of obesity, diabetes and cardiovascular risk in type 2 diabetes patients. *Clinical Rehabilitation*, 22(6). <https://doi.org/10.1177/0269215508084582>
- Larisa Way, K., Elizabeth Keating, S., Kevin Baker, M., Helaine Chuter, V., & Anthony Johnson, N. (2016). The Effect of Exercise on Vascular Function and Stiffness in Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Current Diabetes Reviews*. <https://doi.org/10.2174/1573399811666150817124601>
- Laurens, C., Bergouignan, A., & Moro, C. (2020). Exercise-Released Myokines in the Control of Energy Metabolism. *Frontiers in Physiology*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00091>

- Lavie, C. J., Johannsen, N., Swift, D., Sénéchal, M., Earnest, C., Church, T., ... Blair, S. N. (2014). Exercise is medicine - the importance of physical activity, exercise training, cardiorespiratory fitness and obesity in the prevention and treatment of type 2 diabetes. *European Endocrinology*. <https://doi.org/10.17925/EE.2014.10.01.18>
- LeBrasseur, N. K., Walsh, K., & Arany, Z. (2011). Metabolic benefits of resistance training and fast glycolytic skeletal muscle. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00512.2010>
- Lee, J. H., Kim, D. H., & Kim, C. K. (2017). Resistance Training for Glycemic Control, Muscular Strength, and Lean Body Mass in Old Type 2 Diabetic Patients: A Meta-Analysis. *Diabetes Therapy*. <https://doi.org/10.1007/s13300-017-0258-3>
- Lee, J. H., Lee, R., Hwang, M. H., Hamilton, M. T., & Park, Y. (2018). The effects of exercise on vascular endothelial function in type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis Fred DiMenna. *Diabetology and Metabolic Syndrome*. <https://doi.org/10.1186/s13098-018-0316-7>
- Lee, S. W., & Song, C. H. (2012). Virtual reality exercise improves balance of elderly persons with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *Journal of Physical Therapy Science*. <https://doi.org/10.1589/jpts.24.261>
- Leenders, M., Verdijk, L. B., van der Hoeven, L., Adam, J. J., van Kranenburg, J., Nilwik, R., & Van Loon, L. J. C. (2013). Patients with type 2 diabetes show a greater decline in muscle mass, muscle strength, and functional capacity with aging. *Journal of the American Medical Directors Association*. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.02.006>
- Leite, N. J. C., Mendes, R. D. C., Raimundo, A. M. M., Pinho, C., Viana, J. L., & Marmeleira, J. F. F. (2020). Impact of a supervised multicomponent physical exercise program on cognitive functions in patients with type 2 diabetes. *Geriatric Nursing*. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2020.01.001>
- Linden, M. A., Ross, T. T., Beebe, D. A., Gorgoglione, M. F., Hamilton, K. L., Miller, B. F., ... Esler, W. P. (2019). The combination of exercise training and sodium-glucose cotransporter-2 inhibition improves glucose tolerance and exercise capacity in a rodent model of type 2 diabetes. *Metabolism: Clinical and Experimental*. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2019.05.009>
- Little, J. P., Gillen, J. B., Percival, M. E., Safdar, A., Tarnopolsky, M. A., Punthakee, Z., ... Gibala, M. J. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00921.2011>
- Liu, J. xin, Zhu, L., Li, P. jun, Li, N., & Xu, Y. bing. (2019). Effectiveness of high-intensity interval training on glycemic control and cardiorespiratory fitness in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Aging Clinical and Experimental Research*. <https://doi.org/10.1007/s40520-018-1012-z>

- Liubaoerjijin, Y., Terada, T., Fletcher, K., & Boulé, N. G. (2016). Effect of aerobic exercise intensity on glycemic control in type 2 diabetes: a meta-analysis of head-to-head randomized trials. *Acta Diabetologica*. <https://doi.org/10.1007/s00592-016-0870-0>
- Lopes, P, Eliseu, A., (2019). *Metformina, Fármaco na Diabetes*, Lidel, Edições Técnicas, Lda, Lisboa
- Lopes, R. M. F., & Argimon, I. I. de I. (2009). Prejuízos Cognitivos em idosos com Diabetes Mellitus tipo 2. *Cuadernos de neuropsicología*, 3(2), 171-197
- Lorenz, M. W., Markus, H. S., Bots, M. L., Rosvall, M., & Sitzer, M. (2007). Prediction of clinical cardiovascular events with carotid intima-media thickness: A systematic review and meta-analysis. *Circulation*. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.628875>
- Lumb, A. (2014). Diabetes and exercise. *Clinical Medicine, Journal of the Royal College of Physicians of London*. <https://doi.org/10.7861/clinmedicine.14-6-673>
- Ma, T., Liu, T., Wu, D., & Li, C. (2019). Hand Grip Strength And Peak Expiratory Flow Among Individuals With Diabetes: Findings From the China Health and Retirement Longitudinal Study Baseline Survey. *Clinical Nursing Research*, 28(4). <https://doi.org/10.1177/1054773817740547>
- MacInnis, M. J., & Gibala, M. J. (2017). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *Journal of Physiology*. <https://doi.org/10.1113/JP273196>
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 109(2). <https://doi.org/10.1037/0033-2909.109.2.163>
- Magalhães, J. P., Melo, X., Correia, I. R., Ribeiro, R. T., Raposo, J., Dores, H., ... Sardinha, L. B. (2019). Effects of combined training with different intensities on vascular health in patients with type 2 diabetes: A 1-year randomized controlled trial. *Cardiovascular Diabetology*. <https://doi.org/10.1186/s12933-019-0840-2>
- Magni, N. E., McNair, P. J., & Rice, D. A. (2017). The effects of resistance training on muscle strength, joint pain, and hand function in individuals with hand osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Arthritis Research and Therapy*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s13075-017-1348-3>
- Mahler, R. J., & Adler, M. L. (1999). Clinical review 102: Type 2 diabetes mellitus: Update on diagnosis, pathophysiology, and treatment. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, Vol. 84. <https://doi.org/10.1210/jcem.84.4.5612>
- Malin, S. K., & Braun, B. (2016). Impact of Metformin on Exercise-Induced Metabolic Adaptations to Lower Type 2 Diabetes Risk. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000070>

- Malin, S. K., Gerber, R., Chipkin, S. R., & Braun, B. (2012). Independent and combined effects of exercise training and metformin on insulin sensitivity in individuals with prediabetes. *Diabetes Care*. <https://doi.org/10.2337/dc11-0925>
- Marmeleira, J., Galhardas, L., & Raimundo, A. (2018). Exercise merging physical and cognitive stimulation improves physical fitness and cognitive functioning in older nursing home residents: a pilot study. *Geriatric Nursing*, 39(3). <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2017.10.015>
- McGarrah, R. W., Slentz, C. A., & Kraus, W. E. (2016). The Effect of Vigorous- Versus Moderate-Intensity Aerobic Exercise on Insulin Action. *Current Cardiology Reports*. <https://doi.org/10.1007/s11886-016-0797-7>
- Mendes, R., Dias, E., Gama, A., Castelo-Branco, M., & Themudo-Barata, J. L. (2013). Prática de exercício físico e níveis de atividade física habitual em doentes com diabetes tipo 2 – estudo piloto em Portugal. *Revista Portuguesa de Endocrinologia, Diabetes e Metabolismo*. <https://doi.org/10.1016/j.rpedm.2012.05.001>
- Mendes, R., Sousa, N., Almeida, A., Subtil, P., Guedes-Marques, F., Reis, V. M., & Themudo-Barata, J. L. (2016). Exercise prescription for patients with type 2 diabetes - A synthesis of international recommendations: Narrative review. *British Journal of Sports Medicine*, Vol. 50. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094895>
- Mendes, R., Sousa, N., Themudo-Barata, J., & Reis, V. (2016). Impact of a community-based exercise programme on physical fitness in middle-aged and older patients with type 2 diabetes. *Gaceta Sanitaria*. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2016.01.007>
- Mendes, Z., Guedes, S., Guerreiro, J. P., Inês, M., Sousa, A., & Miranda, A. (2016). Autovigilância da doença e qualidade de vida dos doentes diabéticos: estudo observacional em farmácias comunitárias. *Revista Portuguesa de Saude Publica*, 34(1). <https://doi.org/10.1016/j.rpsp.2015.06.007>
- Meo, S. Di, Iossa, S., & Venditti, P. (2017). Improvement of obesity-linked skeletal muscle insulin resistance by strength and endurance training. *Journal of Endocrinology*. <https://doi.org/10.1530/JOE-17-0186>
- Mesinovic, J., Zengin, A., De Courten, B., Ebeling, P. R., & Scott, D. (2019). Sarcopenia and type 2 diabetes mellitus: A bidirectional relationship. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, Vol. 12. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S186600>
- Milanović, Z., Pantelić, S., Čović, N., Sporiš, G., & Krustup, P. (2015). Is Recreational Soccer Effective for Improving V̇O<sub>2</sub>max? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, Vol. 45. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0361-4>
- Mitranun, W., Deerochanawong, C., Tanaka, H., & Suksom, D. (2014). Continuous vs interval training on glycemic control and macro- and microvascular reactivity in type 2 diabetic patients. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. <https://doi.org/10.1111/sms.12112>

- Moheet, A., Mangia, S., & Seaquist, E. R. (2015). Impact of diabetes on cognitive function and brain structure. *Annals of the New York Academy of Sciences*. <https://doi.org/10.1111/nyas.12807>
- Monteiro, D., Nunes, G., Marinho, D. A., Couto, N., Antunes, R., Moutão, J., & Cid, L. (2017). Translation and adaptation of the physical activity enjoyment scale (PACES) in a sample of Portuguese athletes, invariance across genders nature sports and swimming. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance*, 19(6). <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2017v19n6p631>
- Montero, D., Walther, G., Benamo, E., Perez-Martin, A., & Vinet, A. (2013). Effects of exercise training on arterial function in type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0085-2>
- Moro, A. R. P., Iop, R. da R., Silva, F. C. da, & Gutierrez Filho, P. J. B. (2012). Efeito do treinamento combinado e aeróbio no controle glicêmico no diabetes tipo 2. *Fisioterapia Em Movimento*. <https://doi.org/10.1590/s0103-51502012000200018>
- Morrison, S., Colberg, S. R., Mariano, M., Parson, H. K., & Vinik, A. I. (2010). Balance training reduces falls risk in older individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. <https://doi.org/10.2337/dc09-1699>
- Morrison, S., Colberg, S. R., Parson, H. K., & Vinik, A. I. (2014). Exercise improves gait, reaction time and postural stability in older adults with type 2 diabetes and neuropathy. *Journal of Diabetes and Its Complications*. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2014.04.007>
- Morrison, S., Simmons, R., Colberg, S. R., Parson, H. K., & Vinik, A. I. (2018). Supervised Balance Training and Wii Fit–Based Exercises Lower Falls Risk in Older Adults With Type 2 Diabetes. *Journal of the American Medical Directors Association*. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2017.11.004>
- Motiani, K. K., Savolainen, A. M., Toivanen, J., Eskelinen, J. J., Yli-Karjanmaa, M., Virtanen, K. A., ... Hannukainen, J. C. (2019). Effects of short-term sprint interval and moderate-intensity continuous training on liver fat content, lipoprotein profile, and substrate uptake: A randomized trial. *Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00900.2018>
- Mullen, S. P., Olson, E. A., Phillips, S. M., Szabo, A. N., Wójcicki, T. R., Mailey, E. L., ... McAuley, E. (2011). Measuring enjoyment of physical activity in older adults: Invariance of the physical activity enjoyment scale (paces) across groups and time. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 8. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-8-103>
- Myers, J., Kokkinos, P., & Nyelin, E. (2019). Physical activity, cardiorespiratory fitness, and the metabolic syndrome. *Nutrients*, Vol. 11. <https://doi.org/10.3390/nu11071652>

- Nagano, M., Sasaki, H., & Kumagai, S. (2010). Association of cardiorespiratory fitness with elevated hepatic enzyme and liver fat in Japanese patients with impaired glucose tolerance and type 2 diabetes mellitus. *Journal of Sports Science and Medicine*.
- Nakamura, K., Nagasawa, Y., Sawaki, S., Yokokawa, Y., Ohira, M., & Sato, Y. (2019). An incremental sit-to-stand exercise for evaluating physical capacity in older patients with type 2 diabetes. *Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 249(4). <https://doi.org/10.1620/tjem.249.241>
- Naranjo-Hernández, D., Reina-Tosina, J., & Min, M. (2019). Fundamentals, recent advances, and future challenges in bioimpedance devices for healthcare applications. *Journal of Sensors*, Vol. 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/9210258>
- Nassir, F., Rector, R. S., Hammoud, G. M., & Ibdah, J. A. (2015). Pathogenesis and prevention of hepatic steatosis. *Gastroenterology and Hepatology*.
- Newsholme, P., De Bittencourt, P. I. H., O'Hagan, C., De Vito, G., Murphy, C., & Krause, M. S. (2010). Exercise and possible molecular mechanisms of protection from vascular disease and diabetes: The central role of ROS and nitric oxide. *Clinical Science*. <https://doi.org/10.1042/CS20090433>
- Nielsen, J., Mogensen, M., Vind, B. F., Sahlin, K., Højlund, K., Schrøder, H. D., & Ørtenblad, N. (2010). Increased subsarcolemmal lipids in type 2 diabetes: Effect of training on localization of lipids, mitochondria, and glycogen in sedentary human skeletal muscle. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00692.2009>
- Nieman, D. (2013). *Diabetes, Exercise Testing and Prescription - A Health-Related Approach*, 7th Edition, McGraw-Hill, NY
- Nieuwoudt, S., Fealy, C. E., Foucher, J. A., Scelsi, A. R., Malin, S. K., Pagadala, M., ... Kirwan, J. P. (2017). Functional high-intensity training improves pancreatic  $\beta$ -cell function in adults with type 2 diabetes. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00407.2016>
- Nishida, C., Ko, G. T., & Kumanyika, S. (2010). Body fat distribution and noncommunicable diseases in populations: Overview of the 2008 WHO Expert Consultation on Waist Circumference and Waist-Hip Ratio. *European Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 64. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.139>
- Nojima, H., Yoneda, M., Watanabe, H., Yamane, K., Kitahara, Y., Sekikawa, K., ... Kohno, N. (2017). Association between aerobic capacity and the improvement in glycemic control after the exercise training in type 2 diabetes. *Diabetology and Metabolic Syndrome*. <https://doi.org/10.1186/s13098-017-0262-9>
- Nomura, T., Kawae, T., Kataoka, H., & Ikeda, Y. (2018). Aging, physical activity, and diabetic complications related to loss of muscle strength in patients with type 2 diabetes. *Physical Therapy Research*. <https://doi.org/10.1298/ptr.r0002>

- Nooyens, A. C. J., Baan, C. A., Spijkerman, A. M. W., & Monique Verschuren, W. M. (2010). Type 2 diabetes and cognitive decline in middle-aged men and women: The doetinchem cohort study. *Diabetes Care*. <https://doi.org/10.2337/dc09-2038>
- Nooyens, A. C. J., Baan, C. A., Spijkerman, A. M. W., & Monique Verschuren, W. M. (2010). Type 2 diabetes and cognitive decline in middle-aged men and women: The doetinchem cohort study. *Diabetes Care*. <https://doi.org/10.2337/dc09-2038>
- Nunes, R. B. (2017). Resistance and Aerobic Training in the Treatment of Type 2 Diabetes Mellitus. *Journal of Diabetes, Metabolic Disorders & Control*, 4(5). <https://doi.org/10.15406/jdmdc.2017.04.00126>
- O'Hagan, C., De Vito, G., & Boreham, C. A. G. (2013). Exercise prescription in the treatment of type 2 diabetes mellitus: Current practices, existing guidelines and future directions. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-012-0004-y>
- O'Neill, H. M., Holloway, G. P., & Steinberg, G. R. (2013). AMPK regulation of fatty acid metabolism and mitochondrial biogenesis: Implications for obesity. *Molecular and Cellular Endocrinology*. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2012.06.019>
- Observatório Nacional da Diabetes (2016). Diabetes: Factos e Números – O Ano de 2015 Sociedade Portuguesa de Diabetologia, Lisboa, <https://apdp.pt/publicacoes/relatorio-anual-do-observatorio-nacional-da-diabetes-2016/>
- Oliveira, C., Simões, M., Carvalho, J., & Ribeiro, J. (2012). Combined exercise for people with type 2 diabetes mellitus: A systematic review. *Diabetes Research and Clinical Practice*. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2012.08.004>
- Olver, T. D., & Laughlin, M. H. (2016). Endurance, interval sprint, and resistance exercise training: impact on microvascular dysfunction in type 2 diabetes. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00440.2015>
- Olver, T. D., Ferguson, B. S., & Laughlin, M. H. (2015). Molecular Mechanisms for Exercise Training-Induced Changes in Vascular Structure and Function: Skeletal Muscle, Cardiac Muscle, and the Brain. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2015.07.017>
- Orlando, G., Balducci, S., Bazzucchi, I., Pugliese, G., & Sacchetti, M. (2016). Neuromuscular dysfunction in type 2 diabetes: Underlying mechanisms and effect of resistance training. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*. <https://doi.org/10.1002/dmrr.2658>
- Ortega, J., Veleto, S., (2017). Fisiopatología de la diabetes mellitus tipo 2, Tratado de Diabetes Mellitus, Sociedad Española de Diabetes, 2ª edición, Editorial Médica Panamericana, S. A., Madrid
- Pan, B., Ge, L., Xun, Y. qin, Chen, Y. jing, Gao, C. yun, Han, X., ... Tian, J. hui. (2018). Exercise training modalities in patients with type 2 diabetes mellitus: A systematic

- review and network meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. <https://doi.org/10.1186/s12966-018-0703-3>
- Pandey, A., Swift, D. L., Mcguire, D. K., Ayers, C. R., Neeland, I. J., Blair, S. N., ... Church, T. S. (2015). Metabolic effects of exercise training among fitness-nonresponsive patients with type 2 diabetes: The HART-D study. *Diabetes Care*, 38(8). <https://doi.org/10.2337/dc14-2378>
- Park, H. S., Park, S. S., Kim, C. J., Kim, T. W., & Kim, T. W. (2019). Exercise alleviates cognitive functions by enhancing hippocampal insulin signaling and neuroplasticity in high-fat diet-induced obesity. *Nutrients*. <https://doi.org/10.3390/nu11071603>
- Park, J. S., Lee, G., Choi, J. B., Hwang, N. K., & Jung, Y. J. (2019). Game-based hand resistance exercise versus traditional manual hand exercises for improving hand strength, motor function, and compliance in stroke patients: A multi-center randomized controlled study. *NeuroRehabilitation*, 45(2). <https://doi.org/10.3233/NRE-192829>
- Pedersen, B. K. (2017). Anti-inflammatory effects of exercise: role in diabetes and cardiovascular disease. *European Journal of Clinical Investigation*. <https://doi.org/10.1111/eci.12781>
- Pesta, D. H., Goncalves, R. L. S., Madiraju, A. K., Strasser, B., & Sparks, L. M. (2017). Resistance training to improve type 2 diabetes: Working toward a prescription for the future. *Nutrition and Metabolism*. <https://doi.org/10.1186/s12986-017-0173-7>
- Petermann, F., Díaz-Martínez, X., Garrido-Méndez, Á., Leiva, A. M., Martínez, M. A., Salas, C., ... Celis-Morales, C. (2018). Asociación entre diabetes mellitus tipo 2 y actividad física en personas con antecedentes familiares de diabetes. *Gaceta Sanitaria*. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2017.09.008>
- Pinto, G., Silva, D., Hernández-Mosqueira, C., Pavéz-Adasme, G., Fernandes, S., Pinto, D. S., & Fernandes, P. &. (2017). Análisis del entrenamiento resistido en el perfil glicémico: una revisión bibliográfica Analysis of the resistance training in the glycemic profile: a bibliographic review. *Revista Ciencias de La Actividad Física UCM*. N°, 18(2).
- Pischon, T., Boeing, H., Hoffmann, K., Bergmann, M., Schulze, M. B., Overvad, K., ... Riboli, E. (2008). General and abdominal adiposity and risk of death in Europe. *New England Journal of Medicine*, 359(20). <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0801891>
- Poblete-Aro, C., Russell-Guzmán, J., Parra, P., Soto-Muñoz, M., Villegas-González, B., Cofré-Bola-Dos, C., & Herrera-Valenzuela, T. (2018). Efecto del ejercicio físico sobre marcadores de estrés oxidativo en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. *Revista Médica de Chile*. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872018000300362>
- Podolski, N., Brixius, K., Predel, H. G., & Brinkmann, C. (2017). Effects of Regular Physical Activity on the Cognitive Performance of Type 2 Diabetic Patients: A Systematic Review. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, Vol. 15. <https://doi.org/10.1089/met.2017.0120>

- Pordata (2020). Base de Dados de Portugal Contemporâneo, Óbitos por alguma causas de morte, Fundação Francisco Manuel dos Santos, Lisboa. <https://www.pordata.pt/DB/Portugal/Ambiente+de+Consulta/Gr%C3%A1fico>
- Praet, S. F. E., Jonkers, R. A. M., Schep, G., Stehouwer, C. D. A., Kuipers, H., Keizer, H. A., & van Loon, L. J. (2008). Long-standing, insulin-treated type 2 diabetes patients with complications respond well to short-term resistance and interval exercise training. *European Journal of Endocrinology*. <https://doi.org/10.1530/EJE-07-0169>
- Pratley, R. E. (2013). The early treatment of type 2 diabetes. *American Journal of Medicine*, 126(9 SUPPL.1). <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2013.06.007>
- Rapp, S. R., Luchsinger, J. A., Baker, L. D., Blackburn, G. L., Hazuda, H. P., Demos-McDermott, K. E., ... Espeland, M. A. (2017). Effect of a Long-Term Intensive Lifestyle Intervention on Cognitive Function: Action for Health in Diabetes Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 65(5). <https://doi.org/10.1111/jgs.14692>
- Rech, C. R., Fermino, R. C., Hallal, P. C., & Reis, R. S. (2011). Validade e fidedignidade da escala de satisfação com a prática de atividade física em adultos. *Revista de Saude Publica*, 45(2). <https://doi.org/10.1590/S0034-89102011005000011>
- Reis, R., & Navarro, A. (2011). O exercício combinado aeróbio e resistido a curto ou em longo prazo promove a melhora do controle glicêmico e aumenta a aptidão física em adultos mais velhos com Diabetes tipo 2. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, 5(29).
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1998). The reliability and validity of a 6-minute walk test as a measure of physical endurance in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 6(4). <https://doi.org/10.1123/japa.6.4.363>
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999). Functional fitness normative scores for community-residing older adults, ages 60-94. *Journal of Aging and Physical Activity*, 7(2). <https://doi.org/10.1123/japa.7.2.162>
- Rikli, R., & Jones, C. (2001). Senior fitness test. *Champaign (IL): Human Kinetics*.
- Robinson, C. C., Barreto, R. P. G., Sbruzzi, G., & Plentz, R. D. M. (2016). The effects of whole body vibration in patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0133>
- Rodriguez-Mañas, L., Laosa, O., Vellas, B., Paolisso, G., Topinkova, E., Oliva-Moreno, J., ... Sinclair, A. J. (2019). Effectiveness of a multimodal intervention in functionally impaired older people with type 2 diabetes mellitus. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12432>
- Rosales, W., Cofré, C., Cicchitti, A., Bertona, C., Vizcaya, A., González, J., ... Rodríguez, M. (2016). Validation of the borg scale in participants with type 2

- diabetes mellitus. *Revista Medica de Chile*, 144(9). <https://doi.org/10.4067/S0034-98872016000900009>
- Ross, R. M., Murthy, J. N., Wollak, I. D., & Jackson, A. S. (2010). The six minute walk test accurately estimates mean peak oxygen uptake. *BMC Pulmonary Medicine*, 10. <https://doi.org/10.1186/1471-2466-10-31>
- Sabag, A., Way, K. L., Keating, S. E., Sultana, R. N., O'Connor, H. T., Baker, M. K., ... Johnson, N. A. (2017). Exercise and ectopic fat in type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Diabetes and Metabolism*. <https://doi.org/10.1016/j.diabet.2016.12.006>
- Saedi, E., Gheini, M. R., Faiz, F., & Arami, M. A. (2016). Diabetes mellitus and cognitive impairments. *World Journal of Diabetes*. <https://doi.org/10.4239/wjd.v7.i17.412>
- Samuel, V. T., & Shulman, G. I. (2016). The pathogenesis of insulin resistance: Integrating signaling pathways and substrate flux. *Journal of Clinical Investigation*, Vol. 126. <https://doi.org/10.1172/JCI77812>
- Savikj, M., & Zierath, J. R. (2020). Train like an athlete: applying exercise interventions to manage type 2 diabetes. *Diabetologia*, Vol. 63. <https://doi.org/10.1007/s00125-020-05166-9>
- Schaan, B. D., Rabelo, E. R., & Irigoyen, M. C. (2004). Insulina: efeitos cardiovasculares e aplicações terapêuticas. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*. <https://doi.org/10.1590/s0004-27302004000600004>
- Schmidt, J. F., Andersen, T. R., Horton, J., Brix, J., Tarnow, L., Krstrup, P., ... Hansen, P. R. (2013). Soccer training improves cardiac function in men with type 2 diabetes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(12). <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31829ab43c>
- Schwaneberg, T., Weymar, F., Ulbricht, S., Dörr, M., Hoffmann, W., & van den Berg, N. (2017). Relationship between objectively measured intensity of physical activity and self-reported enjoyment of physical activity. *Preventive Medicine Reports*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2017.06.004>
- Schwingshackl, L., Missbach, B., Dias, S., König, J., & Hoffmann, G. (2014). Impact of different training modalities on glycaemic control and blood lipids in patients with type 2 diabetes: A systematic review and network meta-analysis. *Diabetologia*. <https://doi.org/10.1007/s00125-014-3303-z>
- Shabani, R., Nazari, M., Dalili, S., & Rad, A. H. (2015). Effect of circuit resistance training on glycemic control of females with diabetes type II. *International Journal of Preventive Medicine*. <https://doi.org/10.4103/2008-7802.154923>
- Shellington, E. M., Reichert, S. M., & Petrella, R. J. (2018, August 1). Commentary on: “effects of regular physical activity on the cognitive performance of type 2 diabetic patients: A systematic review” by Podolski et al. (*Metab Syndr Relat Disord*)

2017;15:481-493). *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, Vol. 16, pp. 255–261. <https://doi.org/10.1089/met.2018.0021>

Shiroma, E. J., Cook, N. R., Manson, J. E., Moorthy, M., Buring, J. E., Rimm, E. B., & Lee, I. M. (2017). Strength Training and the Risk of Type 2 Diabetes and Cardiovascular Disease. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001063>

Shors, T. J. (2014). The Adult Brain Makes New Neurons, and Effortful Learning Keeps Them Alive. *Current Directions in Psychological Science*, 23(5). <https://doi.org/10.1177/0963721414540167>

Sigal, R. J., Cep, M. J. A., Bacon, S. L., Boulé, N. G., Dasgupta, K., Kenny, G. P., & Riddell, M. C. (2018). 2018 Clinical Practice Guidelines Physical Activity and Diabetes Diabetes Canada Clinical Practice Guidelines Expert Committee. *Canadian Journal of Diabetes*. <https://doi.org/10.1016/j.cjcd.2017.10.008>

Sigal, R. J., Kenny, G. P., Boulé, N. G., Wells, G. A., Prud'homme, D., Fortier, M., ... Jaffey, J. (2007). Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: A randomized trial. *Annals of Internal Medicine*. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-147-6-200709180-00005>

Silva, A. de S., Lacerda, F. V., & Mota, M. P. G. (2015). Efeito do treinamento aeróbio nos níveis de homocisteína em indivíduos diabéticos do tipo 2. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*. <https://doi.org/10.1590/1517-869220152104140828>

Silva, C. A. da, Lopes Vasconcelos-Filho, F. S., Serafim, M., Botura, E., Rocha-e-Silva, R. C. da, Pacheco, C., ... Melo, S. I. L. (2016). EFFECT OF HIGH-INTENSITY EXERCISE ON ENDOTHELIAL FUNCTION IN PATIENTS WITH T2DM. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*. <https://doi.org/10.1590/1517-869220162202151254>

Silva, D. E., Grande, A. J., Roeber, L., Tse, G., Liu, T., Biondi-Zoccai, G., & de Farias, J. M. (2019). High-Intensity Interval Training in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: a Systematic Review. *Current Atherosclerosis Reports*. <https://doi.org/10.1007/s11883-019-0767-9>

Silva, F. C., Da Rosa Iop, R., Arancibia, B. A. V., Filho, P. J. B. G., Da Silva, R., Machado, M. O., & Moro, A. R. P. (2017). Ejercicio físico, calidad de vida y salud de diabéticos tipo 2. *Revista de Psicología Del Deporte*, 26(1).

Silveira-Rodrigues, J. G., Perez, D. V., Aleixo, I. M. S., Fonseca, C. G., Deresz, L. F., Dias Soares, D., & Pires, W. (2018). Concurrent training improves the body composition of elderly type 2 diabetic patients treated with insulin. *Journal of Physical Education and Sport*. <https://doi.org/10.7752/jpes.2018.03243>

Skoro-Kondza, L., Tai, S. S., Gadelrab, R., Drincevic, D., & Greenhalgh, T. (2009). Community based yoga classes for type 2 diabetes: An exploratory randomised controlled trial. *BMC Health Services Research*, 9. <https://doi.org/10.1186/1472-6963-9-33>

- Snijder, M. B., Dekker, J. M., Visser, M., Bouter, L. M., Stehouwer, C. D. A., Kostense, P. J., ... Seidell, J. C. (2003). Associations of hip and thigh circumferences independent of waist circumference with the incidence of type 2 diabetes: The Hoorn Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77(5), 1192–1197. <https://doi.org/10.1093/ajcn/77.5.1192>
- Sousa, M. V., Fukui, R., Krstrup, P., Dagogo-Jack, S., & da Silva, M. E. R. (2017). Combination of recreational soccer and caloric restricted diet reduces markers of protein catabolism and cardiovascular risk in patients with type 2 diabetes. *Journal of Nutrition, Health and Aging*, 21(2). <https://doi.org/10.1007/s12603-015-0708-4>
- Sousa, R. A. L. (2018). Brief report of the effects of the aerobic, resistance, and high-intensity interval training in type 2 diabetes mellitus individuals. *International Journal of Diabetes in Developing Countries*. <https://doi.org/10.1007/s13410-017-0582-1>
- Souza Moreira, B., Ferreira Sampaio, R., Rossana Cavalcanti Furtado, S., Corrêa Dias, R., & Noce Kirkwood, R. (2016). The Relationship Between Diabetes Mellitus, Geriatric Syndromes, Physical Function, and Gait: A Review of the Literature. *Current Diabetes Reviews*, 12(3). <https://doi.org/10.2174/1573399811666150615142746>
- Støa, E. M., Meling, S., Nyhus, L. K., Glenn Strømstad, Mangerud, K. M., Helgerud, J., ... Støren, Ø. (2017). High-intensity aerobic interval training improves aerobic fitness and HbA1c among persons diagnosed with type 2 diabetes. *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3540-1>
- Strasser, B., & Pesta, D. (2013). Resistance training for diabetes prevention and therapy: Experimental findings and molecular mechanisms. *BioMed Research International*. <https://doi.org/10.1155/2013/805217>
- Stumvoll, M., Goldstein, B. J., & Van Haeften, T. W. (2005). Type 2 diabetes: Principles of pathogenesis and therapy. *Lancet*. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)61032-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)61032-X)
- Sturek, M. (2011). Ca<sup>2+</sup> regulatory mechanisms of exercise protection against coronary artery disease in metabolic syndrome and diabetes. *Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00373.2011>
- Tait, J. L., Duckham, R. L., Milte, C. M., Main, L. C., & Daly, R. M. (2017). Influence of sequential vs. simultaneous dual-task exercise training on cognitive function in older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, Vol. 9. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00368>
- Takenami, E., Iwamoto, S. M., Shiraishi, N., Kato, A., Watanabe, Y., Yamada, Y., ... Ishii, N. (2019). Effects of low-intensity resistance training on muscular function and glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Journal of Diabetes Investigation*. <https://doi.org/10.1111/jdi.12926>

- Tate, D. F., Lyons, E. J., & Valle, C. G. (2015). High-tech tools for exercise motivation: Use and role of technologies such as the internet, mobile applications, social media, and video games. *Diabetes Spectrum*, Vol. 28. <https://doi.org/10.2337/diaspect.28.1.45>
- Teques, P., Calmeiro, L., Silva, C., & Borrego, C. (2018). Validation and adaptation of the Physical Activity Enjoyment Scale (PACES) in fitness group exercisers. *Journal of Sport and Health Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.09.010>
- Teques, P., Calmeiro, L., Silva, C., & Borrego, C. (2020). Validation and adaptation of the Physical Activity Enjoyment Scale (PACES) in fitness group exercisers. *Journal of Sport and Health Science*, 9(4). <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.09.010>
- Thomas, N., Alder, E., & Leese, G. P. (2004). Barriers to physical activity in patients with diabetes. *Postgraduate Medical Journal*, 80(943). <https://doi.org/10.1136/pgmj.2003.010553>
- Tokmakidis, S. P., Zois, C. E., Volaklis, K. A., Kotsa, K., & Touvra, A. M. (2004). The effects of a combined strength and aerobic exercise program on glucose control and insulin action in women with type 2 diabetes. *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1174-6>
- Toledo, F. G. S., & Goodpaster, B. H. (2013). The role of weight loss and exercise in correcting skeletal muscle mitochondrial abnormalities in obesity, diabetes and aging. *Molecular and Cellular Endocrinology*. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2013.06.018>
- Tomas-Carus, P., Ortega-Alonso, A., Pietiläinen, K. H., Santos, V., Gonçalves, H., Ramos, J., & Raimundo, A. (2016). A randomized controlled trial on the effects of combined aerobic-resistance exercise on muscle strength and fatigue, glycemic control and health-related quality of life of type 2 diabetes patients. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(5).
- Tresierras, M. A., & Balady, G. J. (2009). Resistance training in the treatment of diabetes and obesity: Mechanisms and outcomes. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*. <https://doi.org/10.1097/HCR.0b013e318199ff69>
- Umam, F. J., & Setiati, S. (2018). Association between type II diabetes mellitus and hand grip strength in the elderly. *Journal of Physics: Conference Series*, 1073(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1073/4/042035>
- Van Der Heijden, M. M. P., Van Dooren, F. E. P., Pop, V. J. M., & Pouter, F. (2012). Effects of physical activity on quality of life, depressive symptoms and emotional well-being in type 2 diabetes mellitus: A systematic review. *Diabetologia*, 55, S112. Retrieved from <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L70888273>
- Venkataraman, K., Tai, B. C., Khoo, E. Y. H., Tavintharan, S., Chandran, K., Hwang, S. W., ... Tai, E. S. (2019). Short-term strength and balance training does not improve

- quality of life but improves functional status in individuals with diabetic peripheral neuropathy: a randomised controlled trial. *Diabetologia*, 62(12). <https://doi.org/10.1007/s00125-019-04979-7>
- Vinik, A. I., Camacho, P., Reddy, S., Valencia, W. M., Trence, D., Matsumoto, A. M., & Morley, J. E. (2017). Aging, diabetes, and falls. *Endocrine Practice*, Vol. 23. <https://doi.org/10.4158/EP171794.RA>
- Voulgari, C., Pagoni, S., Vinik, A., & Poirier, P. (2013). Exercise improves cardiac autonomic function in obesity and diabetes. *Metabolism: Clinical and Experimental*. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2012.09.005>
- Wahl, M. P., Scalzo, R. L., Regensteiner, J. G., & Reusch, J. E. B. (2018). Mechanisms of aerobic exercise impairment in diabetes: A narrative review. *Frontiers in Endocrinology*. <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00181>
- Wander, P. L., Boyko, E. J., Leonetti, D. L., McNeely, M. J., Kahn, S. E., & Fujimoto, W. Y. (2011). Greater hand-grip strength predicts a lower risk of developing type 2 diabetes over 10 years in leaner Japanese Americans. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 92(2). <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2011.01.007>
- Wechsler D. (2008). Escala De Inteligência de Wechsler Para Adultos, 3ª edição, CEGOC-TEA, Lisboa
- Wedell-Neergaard, A. S., Lang Lehrskov, L., Christensen, R. H., Legaard, G. E., Dorph, E., Larsen, M. K., ... Krogh-Madsen, R. (2019). Exercise-Induced Changes in Visceral Adipose Tissue Mass Are Regulated by IL-6 Signaling: A Randomized Controlled Trial. *Cell Metabolism*. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.12.007>
- Westcott, W. L. (2012). Resistance training is medicine: Effects of strength training on health. *Current Sports Medicine Reports*. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31825dabb8>
- Whiting, D. R., Guariguata, L., Weil, C., & Shaw, J. (2011). IDF Diabetes Atlas: Global estimates of the prevalence of diabetes for 2011 and 2030. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 94(3), 311–321. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2011.10.029>
- Willems, S. M., Wright, D. J., Day, F. R., Trajanoska, K., Joshi, P. K., Morris, J. A., ... Ohlsson, C. (2017). Large-scale GWAS identifies multiple loci for hand grip strength providing biological insights into muscular fitness. *Nature Communications*, 8. <https://doi.org/10.1038/ncomms16015>
- Williams, N. (2017). The Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) scale. *Occupational Medicine*, Vol. 67. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqx063>
- Wilmore, J., Costill, D. (2010), Fisiología del Esfuerzo e del Deporte, 6ª edición, Editorial Paidotribo, Barcelona
- Winding, K. M., Munch, G. W., Iepsen, U. W., Van Hall, G., Pedersen, B. K., & Mortensen, S. P. (2018). The effect on glycaemic control of low-volume high-

- intensity interval training versus endurance training in individuals with type 2 diabetes. *Diabetes, Obesity and Metabolism*. <https://doi.org/10.1111/dom.13198>
- World Health Organization (2016). *Global report on diabetes*, [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204871/9789241565257\\_eng.pdf?utm\\_medium=email&utm\\_source=transaction](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204871/9789241565257_eng.pdf?utm_medium=email&utm_source=transaction)
- World Medical Association declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. (2013). *JAMA - Journal of the American Medical Association*. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Wormgoor, S. G., Dalleck, L. C., Zinn, C., & Harris, N. K. (2017). Effects of High-Intensity Interval Training on People Living with Type 2 Diabetes: A Narrative Review. *Canadian Journal of Diabetes*. <https://doi.org/10.1016/j.cjcd.2016.12.004>
- Yang, D., Yang, Y., Li, Y., & Han, R. (2019). Physical Exercise as Therapy for Type 2 Diabetes Mellitus: From Mechanism to Orientation. *Annals of Nutrition and Metabolism*. <https://doi.org/10.1159/000500110>
- Yang, P., Swardfager, W., Fernandes, D., Laredo, S., Tomlinson, G., Oh, P. I., & Thomas, S. (2017). Finding the Optimal volume and intensity of Resistance Training Exercise for Type 2 Diabetes: The FORTE Study, a Randomized Trial. *Diabetes Research and Clinical Practice*. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2017.05.019>
- Yang, Z., Scott, C. A., Mao, C., Tang, J., & Farmer, A. J. (2014). Resistance exercise versus aerobic exercise for type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0128-8>
- Yavari, A., Najafipoor, F., Aliasgarzadeh, A., Niafar, M., & Mobasser, M. (2012). Effect of aerobic exercise, resistance training or combined training on glycaemic control and cardio-vascular risk factors in patients with type 2 diabetes. *Biology of Sport*. <https://doi.org/10.5604/20831862.990466>
- Yeung, C. H. C., Au Yeung, S. L., Fong, S. S. M., & Schooling, C. M. (2019). Lean mass, grip strength and risk of type 2 diabetes: a bi-directional Mendelian randomisation study. *Diabetologia*, 62(5). <https://doi.org/10.1007/s00125-019-4826-0>
- Zaharieva, D. P., & Riddell, M. C. (2017). Insulin Management Strategies for Exercise in Diabetes. *Canadian Journal of Diabetes*. <https://doi.org/10.1016/j.cjcd.2017.07.004>
- Zanuso, S., Jimenez, A., Pugliese, G., Corigliano, G., & Balducci, S. (2010). Exercise for the management of type 2 diabetes: A review of the evidence. *Acta Diabetologica*. <https://doi.org/10.1007/s00592-009-0126-3>
- Zanuso, S., Sacchetti, M., Sundberg, C. J., Orlando, G., Benvenuti, P., & Balducci, S. (2017). Exercise in type 2 diabetes: Genetic, metabolic and neuromuscular adaptations. A review of the evidence. *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096724>

- Zhao, R. R., O'Sullivan, A. J., & Fiatarone Singh, M. A. (2018). Exercise or physical activity and cognitive function in adults with type 2 diabetes, insulin resistance or impaired glucose tolerance: a systematic review. *European Review of Aging and Physical Activity*, Vol. 15. <https://doi.org/10.1186/s11556-018-0190-1>
- Zheng, Y., Ley, S. H., & Hu, F. B. (2018). Global aetiology and epidemiology of type 2 diabetes mellitus and its complications. *Nature Reviews Endocrinology*, Vol. 14. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2017.151>
- Zilliox, L. A., Chadrasekaran, K., Kwan, J. Y., & Russell, J. W. (2016). Diabetes and Cognitive Impairment. *Current Diabetes Reports*. <https://doi.org/10.1007/s11892-016-0775-x>

## Anexos



### PROTOCOLO DE COLABORAÇÃO

ENTRE A

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

E A

ULS - Guarda

A **Universidade de Évora**, adiante designada abreviadamente por **UE** ou **Primeira Outorgante**, com sede em Évora, no Largo dos Colegiais, 2, 7000-803 Évora, titular do cartão de pessoa coletiva n.º 501 201 920, representada pelo Vice-Reitor, Prof. Doutor Soumodip Sarkar;

e

A, **ULSG - E.P.E. – UCSP Gouveia e UCC Gouveia**, contribuinte n.º 508 752 000, com sede em Gouveia, representado pelo Director, \_\_\_\_\_, portador do Cartão de Cidadão n.º \_\_\_\_\_, emitido pelo Arquivo de Identificação da \_\_\_\_\_; estabelecem entre si o presente Acordo de Colaboração, baseado nas cláusulas seguintes:

#### **Cláusula 1ª**

##### **(Objeto)**

O presente Acordo de Colaboração visa:

1. Proporcionar ao aluno mestrando da **UE**, **Marco Paulo da Fonseca Gonçalves** a aplicação do estudo “Efeitos da Aplicação do Jogo Aball 1 em Parâmetros de Aptidão Física, Cognitiva e de Saúde, em Sujeitos Diabéticos Tipo 2”.

## **Cláusula 2ª**

### **(Estágios)**

- 2.1. A **Segunda Outorgante** disponibiliza-se a facultar meios auxiliares de apoio, nomeadamente instrumentos de avaliação de componentes fisiológicas relacionadas com a saúde, como auxiliar ao estudo vinculativo à sua tese de Mestrado de Exercício e Saúde, ao aluno mestrando da **Primeira Outorgante**, Marco Paulo da Fonseca Gonçalves.
- 2.2. O estudo tem como objetivo obter resultados dentro de uma população clínica, permitindo ao aluno mestrando vivenciar a realidade da análise em investigação, através da aplicação do estudo numa população disponibilizada pela **Segunda Outorgante**, de modo a obter resultados que possam ser referencia nesta área de estudo;
- 2.3. O estudo decorrerá nas instalações da **Segunda Outorgante**, num horário a definir entre ambas as partes;
- 2.4. O estudo será objeto de um “Acordo de Estudo”, que fixará os direitos, deveres e contrapartidas inerentes;
- 2.5. A **Segunda Outorgante** compromete-se a:
- Facultar as listagens das pessoas identificadas com diabetes tipo 2, garantindo a proteção de dados, segundo o Regulamento Geral de Proteção de Dados em vigor;
  - Disponibilizar dados de avaliação de parâmetros clínicos, como a pressão arterial, IMC, o perímetro abdominal, o perfil lipídico sanguíneo, a glicémia em jejum, e a hemoglobina glicada ao mestrando da Primeira Outorgante;
  - Conceder uma equipa de Enfermagem de acompanhamento ao estudo;
  - Possibilitar a utilização de um espaço para a viabilização do estudo;
  - Assegurar o acompanhamento durante o estudo do aluno mestrando.
- 2.6. A **Primeira Outorgante** compromete-se a:
- Assegurar o acompanhamento e orientação pedagógica do estudo do aluno mestrando;
  - Possibilitar a utilização de material necessário à avaliação e aplicação do estudo.
- 2.7. Em caso de incumprimento ou de comportamentos inadequados, por parte do mestrando, a **Segunda Outorgante** pode, em qualquer altura, dar por terminado o

estudo, comunicando esse facto à **Primeira Outorgante** e suspendendo de imediato o pagamento da bolsa de estágio, caso exista.

2.8. O aluno encontra-se abrangido pelo seguro escolar, durante o período do estudo.

2.9. A **Segunda Outorgante** não suportará quaisquer encargos económicos referentes ao presente estudo.

**Cláusula 3ª**  
**(Duração)**

O presente Acordo produz efeitos a partir da data da assinatura e é válido pelo período de duração do estágio.

Évora, de 2019

P'la Administração da ULS

O Vice-Reitor  
da Universidade de Évora

---

Prof. Doutor Soumodip Sarkar

## Consentimento informado

**Título do Projeto:** EFEITOS DA APLICAÇÃO DO JOGO ABALL 1 EM PARAMÊTROS DE APTIDÃO FÍSICA, COGNITIVA E DE SAÚDE, EM SUJEITOS COM DIABETES TIPO 2

Vimos por este meio, convidá-lo(a) a participar, voluntariamente, num estudo sobre os efeitos de um programa de exercício na saúde, bem-estar e funcionamento cognitivo em indivíduos com Diabetes Tipo 2. Por favor, leia com atenção todo o conteúdo deste documento. Não hesite em solicitar mais informações ao investigador responsável se não estiver completamente esclarecido(a). Verifique se todas as informações estão corretas. Se entender que está tudo em conformidade e se estiver de acordo com a proposta que lhe está a ser feita, então assine este documento.

1. O presente estudo tem como objetivo analisar dos efeitos do exercício físico multimodal, utilizando como mecanismo de intervenção a aplicação do jogo Aball1, nos principais indicadores de saúde (controlo glicémico, fatores de risco cardiovascular modificáveis, risco de quedas e aptidão física), e no funcionamento cognitivo (memória, estado cognitivo geral, funcionamento executivo e velocidade de processamento de informação). em indivíduos com diabetes tipo 2, realizado 3 vezes semanais, durante 3 meses.
2. As sessões são constituídas por exercícios baseados em atividades de marcha, jogos lúdicos, força muscular, flexibilidade e alguns de estimulação cognitiva. Serão acompanhadas por técnicos de exercício físico e de enfermagem.
3. A sua participação irá incluir a realização dos seguintes exames:
  - Determinação da pressão arterial.
  - Avaliação da aptidão física através da bateria de testes físicos de Rikli & Jones, dinamometria manual, e o manual de avaliação funcional para o risco de quedas em idosos do ESACA.
  - Estimação da massa gorda, massa muscular e massa óssea por bio impedância.
  - Determinação da composição corporal através do índice de massa corporal e medição de algumas pregas adiposa e da circunferência abdominal.
  - Avaliação de diversos indicadores bioquímicos, nomeadamente a hemoglobina glicada (HbA1c), colesterol total, colesterol HDL, colesterol LDL, triglicéridos, entre outros.
  - Avaliação da aptidão cognitiva.
4. O estudo de investigação é gratuito e implica a realização de todos os exames indicados no ponto três deste consentimento informado.
5. Comprometo a comparecer aos momentos de avaliação indicados no ponto três deste consentimento informado.
6. Fui indicado a manter as rotinas da vida diária durante o decorrer do programa (atividade física habitual não supervisionada, padrão alimentar e plano farmacológico e não utilização de fármacos para a redução do peso corporal) e continuar com as consultas de diabetologia no hospital ou centro de saúde.
7. Do mesmo modo fui informado que a alteração nas indicações referidas no ponto seis levará a exclusão do participante do programa, visto que poderão alterar as variáveis da investigação.
8. Os riscos da participação no estudo de investigação são os associados à participação num programa de controlo glicémico com supervisão clínica.
9. O estudo de investigação não se responsabiliza por danos ou lesões causadas pelo não cumprimento, ou cumprimento diferente das instruções e/ou recomendações dos especialistas intervenientes no mesmo.
10. Nenhuma das especificações do presente consentimento informado deverá ser interpretada ou considerada como promessa ou garantia do progresso e/ou resultados por parte do participante.

11. Compreendo que através da sua participação estarei a contribuir para a evolução do conhecimento científico nesta área e que é, também, possível que, a mais longo prazo, os resultados deste estudo contribuam para que ocorra uma melhoria nas estratégias de controlo e tratamento, assim como a melhoria do estado de saúde geral e da qualidade de vida das pessoas com diabetes tipo 2.
12. Fui informado que toda recolhida nesta investigação será utilizada unicamente para os objetivos do estudo e para pesquisa científica adicional associada. A informação será arquivada em papel e em formato eletrónico, com um número de código para proteger a minha privacidade. Assim, mesmo que os resultados do estudo venham a ser publicados, a sua identidade permanecerá confidencial.
13. Entendo que as autoridades reguladoras e os membros da comissão de ética podem ter acesso à informação arquivada e examinar os registos efetuados no âmbito do estudo, estando sujeitos a dever de sigilo quanto aos mesmos. Ao assinar este formulário estou a autorizar o acesso direto a esses registos, nos termos aqui descritos.
14. Sei que, através do investigador principal, poderei ter acesso a toda a informação recolhida, bem como pedir a retificação de qualquer incorreção que detete. Este acesso à sua informação poderá ser adiado, no caso de poder atrasar a continuação do estudo, mas não poderá ser negado.
15. Fui informado que não serei recompensado monetariamente pela participação no estudo de investigação.
16. Eu li toda a informação acima. Foram-me explicados a natureza, riscos e benefícios do estudo de investigação. Eu assumo os riscos envolvidos e entendo que posso retirar o meu consentimento e parar a minha participação em qualquer momento, sem que isso afete o acompanhamento que ele irá receber e sem que tal implique a perda de quaisquer benefícios a que ele teria direito se tivesse tomado outra opção. Ao assinar este consentimento, eu não estou a renunciar a quaisquer direitos legais, reclamações, medicação ou tratamento. Ser-me-á fornecida uma cópia deste formulário.

---

Nome completo do(a) participante

---

Assinatura

Data

Eu certifico que expliquei ao participante deste estudo de investigação, a natureza, objetivo, potenciais benefícios e riscos associados à participação e providenciei uma cópia deste formulário ao mesmo.

---

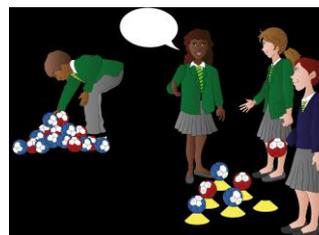
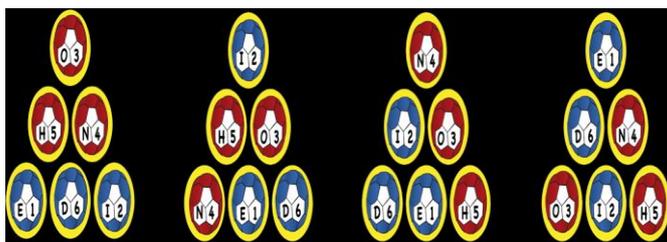
Assinatura do(a) investigador(a) que obteve o consentimento

Data

## Aula Aball 1 (exemplo)

**Parte Inicial** (10 minutos): “Jogo da Memória” - Com as conchas com a bolas por cima espalhadas pelo pavilhão, realizar diferente descolamentos. Ao sinal (apito) virar uma bola decorar cor, número e letra, voltar a fazer um deslocamento e novamente ao sinal voltar a virar a mesma bola.

**Parte Principal** (30 minutos): “Jogo Triângulo Mágico” – Em pares com as conchas contruir um triangulo com 4 conchas em cada face. Em diferentes deslocamentos ir buscar uma bola e tentar com que as bolas se disponham de forma a que a soma de cada face seja idêntica nas 3.



Exercícios de Força (com bola) – Agachamento (tocar bola no chão + bola cima); Rotação do Tronco; Afundos (perna alternada); Balanços; Movimento Peso Morto

10 Repetições; 3 Séries; 30'' descanso entre exercício; 1' de descanso entre séries

Variante: por cada repetição fazer soma, subtração, dizer uma palavra, juntar um número e uma palavra

**Parte Final** (10 minutos): “Jogo de Equipa” – 3 equipas distribuídas em fila, ao sinal vão passar a bola ao colega de trás e deslocam-se para o fim da fila. Cada vez que se passar a bola esse elemento tem que fazer uma soma (ex: 5-10-15..... até 50) até chegar ao número pré definido.

Variantes: Bola por cima da cabeça, pelo lado, por entre as pernas, fazer subtração (decrecente), dizer palavras da letra da bola (nomes, animais, países...).



## Questionário Satisfação/Sensação na Prática

**Como é que se sente neste momento acerca da atividade física que realizou?**

- |                             |               |                       |
|-----------------------------|---------------|-----------------------|
| 1. É muito desagradável     | 1 2 3 4 5 6 7 | Acho que é agradável  |
| 2. Não é nada divertida     | 1 2 3 4 5 6 7 | É muito divertida     |
| 3. Não é nada porreira      | 1 2 3 4 5 6 7 | É muito porreira      |
| 4. Não é nada revigorizante | 1 2 3 4 5 6 7 | É muito revigorizante |
| 5. Não é nada gratificante  | 1 2 3 4 5 6 7 | É muito gratificante  |
| 6. Não é nada animada       | 1 2 3 4 5 6 7 | É muito animada       |
| 7. Não é nada estimulante   | 1 2 3 4 5 6 7 | É muito estimulante   |
| 8. Não é nada refrescante   | 1 2 3 4 5 6 7 | É muito refrescante   |

**Como você está se sentindo agora? (depois de fazer a aula)**

- +5 Muito bem
- +4
- +3 Bem
- +2
- +1 Razoavelmente bem
- 0 Neutro
- 1 Razoavelmente mal
- 2
- 3 Mal
- 4
- 5 Muito mal

Nome:

Data:

## Escala de Borg

6	Sem nenhum esforço
7	
8	Extremamente leve
9	Muito leve
10	
11	Leve
12	
13	Um pouco intenso
14	
15	Intenso (pesado)
16	
17	Muito Intenso
18	
19	Extremamente intenso
20	Máximo esforço

Escala RPE de Borg  
© Gunnar Borg, 1970, 1985, 1994, 1998

## Fotografias

