



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS (UEG)  
ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA E FISIOTERAPIA DE GOIÁS  
(ESEFFEGO)  
LICENCIATURA EM EDUCAÇÃO FÍSICA

RUAN MÁRIO NASCIMENTO DE ARAÚJO

**EXERCÍCIO FÍSICO NO CONTROLE GLICÊMICO DE INDIVÍDUOS COM  
DIABETES TIPO 2 COMO MECANISMO DE TRATAMENTO NÃO  
FARMACOLÓGICO E/OU PREVENÇÃO**

GOIÂNIA

2022

RUAN MÁRIO NASCIMENTO DE ARAÚJO

**EXERCÍCIO FÍSICO NO CONTROLE GLICÊMICO DE INDIVÍDUOS COM  
DIABETES TIPO 2 COMO MECANISMO DE TRATAMENTO NÃO  
FARMACOLÓGICO E/OU PREVENÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na forma de monografia, como requisito parcial para integralização curricular do curso de Licenciatura em Educação Física, pela Escola Superior de Educação Física e Fisioterapia de Goiás (ESEFFEGO), da Universidade Estadual de Goiás (UEG), sob a orientação do(a) Professor(a): Dr. Raimundo Nonato Leite Pinto.

GOIÂNIA

2022

RUAN MÁRIO NASCIMENTO DE ARAÚJO

**EXERCÍCIO FÍSICO NO CONTROLE GLICÊMICO DE INDIVÍDUOS COM  
DIABETES TIPO 2 COMO MECANISMO DE TRATAMENTO NÃO  
FARMACOLÓGICO E/OU PREVENÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de licenciado em Educação Física, pela Escola Superior de Educação Física e Fisioterapia de Goiás (ESEFFEGO), da Universidade Estadual de Goiás (UEG).

Goiânia, 05 de setembro de 2022.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Raimundo Nonato Leite Pinto  
Orientador(a)  
Universidade Estadual de Goiás (UEG)

Prof. Me. Gleyson Batista Rios  
Convidado 1  
Vínculo institucional

Prof. Me. Renato Coelho  
Convidado 2  
Vínculo institucional

## RESUMO

A Diabetes Mellitus é uma doença crônica caracterizada por níveis elevados de glicose no sangue. O presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo verificar se uma intervenção somente com exercício físico é eficaz no controle da glicemia em indivíduos com diabetes tipo II; por meio de revisão bibliográfica. A prática regular de exercício físico promove benefícios para a saúde; em especial, na condição de diabetes tipo 2, o exercício tem sido reconhecido como um meio de controle da glicemia, alcançando maior eficácia quando combinado com uma dieta.

**Palavras-chave:** Diabetes Mellitus; Exercício Físico; Glicemia.

## **ABSTRACT**

Diabetes Mellitus is a chronic disease characterized by high blood glucose levels. The present Course Conclusion Paper aims to verify if an intervention with only physical exercise is effective in controlling blood glucose in individuals with type II diabetes; through bibliographic review. The regular practice of physical exercise promotes health benefits; in particular, in the condition of type 2 diabetes, exercise has been recognized as a means of glycemic control, achieving greater effectiveness when combined with a diet.

**Keywords:** Diabetes Mellitus; Physical Exercise; Blood Glucose.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	8
<b>3 CAPÍTULO 1: DIABETES MELLITUS</b> .....	10
3.1 FISIOPATOLOGIA .....	11
<b>4 CAPÍTULO 2: ATIVIDADE FÍSICA, EXERCÍCIO FÍSICO E SAÚDE</b> .....	15
4.1 ATIVIDADE FÍSICA X EXERCÍCIO FÍSICO.....	16
4.2 SAÚDE E APTIDÃO FÍSICA .....	16
4.3 BENEFÍCIOS DA ATIVIDADE FÍSICA E EXERCÍCIO FÍSICO PARA SAÚDE .....	17
4.4 DIMENSÃO FISIOLÓGICA, EXERCÍCIO FÍSICO E SAÚDE .....	23
4.4.1 Pressão arterial .....	23
4.4.2 Colesterol .....	24
4.4.3 Triglicerídeos .....	25
4.4.4 Lipoproteínas plasmáticas.....	26
<b>5 CAPÍTULO 3: EXERCÍCIO FÍSICO E DIABETES MELLITUS TIPO 2</b> .....	29
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	44
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	46

## 1 INTRODUÇÃO

A obesidade tem sido a principal causa de morbidade e comorbidade, o que de certa forma, está relacionado ao baixo nível de atividade física e/ou exercício físico, podendo indicar uma certa correlação entre ambas. Os benefícios do exercício físico são indiscutíveis, porém, quando o assunto é exercício físico em condições especiais, sua prescrição deve levar em conta as especificidades do praticante e a condição em que se encontra, visto que, somente a prática de exercícios físicos podem não ser suficiente para sua utilização como forma de tratamento não farmacológico em determinada condição.

Com relação a este projeto, trata-se da análise de estudos empírico-analíticos, por meio de pesquisa bibliográfica, a respeito do tema exercício físico e diabetes tipo 2, o qual tem como objetivo geral verificar se uma intervenção somente com exercício físico é eficaz no controle da glicemia em indivíduos com diabetes tipo II, e seu objetivo específico em apontar perspectivas para uso de exercício físico como mecanismo de tratamento não farmacológico.

A escolha por esse tema se deu em determinação da necessidade por minha parte em adquirir conhecimentos a respeito do diabetes tipo 2, que segundo Arsa et al (2009) trata-se de uma síndrome endócrina caracterizada pelo nível elevado de glicose no sangue e por outras desordens metabólicas; não só, como também a respeito da influência do exercício físico sobre esta condição, no qual Lima e Silva (2002) apresentam que o tratamento do diabetes mellitus pode envolver o uso de antidiabéticos orais e/ou insulina, a realização de dieta e a prática de exercícios físicos. Portanto, o presente trabalho tem como hipótese de utilização do exercício físico como mecanismo de tratamento não farmacológico em indivíduos com Diabetes Mellitus tipo 2.

Em consonância a isso, justifico minha escolha pelo tema devido haver em meu círculo familiar, um ente querido que se encontra classificado em nível de pré-diabetes; dessa forma, busco identificar perspectivas para o uso de exercícios físicos como forma de tratamento e/ou prevenção, referindo-me primeiramente a ela e em seguida aos demais indivíduos que se encontram na mesma condição; além do mais, pelo meu interesse sobre exercício físico em condições especiais.

No que diz respeito a prescrição de exercícios físicos, na condição de diabetes tipo 2, até o momento, tenho a percepção de que talvez o conhecimento a respeito do tema não esteja sob domínio de grande parte dos profissionais da Educação Física, em especial Personal Trainers. Dito isso, o intuito da pesquisa, de acordo com esta relevância, funda-se em encontrar

respostas mais claras e precisas que contribuam para o conhecimento e desenvolvimento de práticas de profissionais de Educação Física quanto à prescrição de exercícios físicos.

Quanto aos benefícios da prática de exercícios físicos, o efeito agudo na sensibilidade à insulina, associado ao exercício, não dura mais que 72 horas, devido tal efeito ser oriundo da via de sinalização independente da insulina (contração e permeabilidade das fibras musculares), o que aumenta consequentemente a captação e o metabolismo da glicose, demonstrando que para um efeito crônico, sua prática deve ser regular e ininterrupta, devendo o intervalo entre sessões de exercício físico não ser maior que 72 horas. Até o momento, o consenso por parte da ciência está na prática regular de exercício físico; no entanto, não em relação ao tipo de treinamento e da intensidade adequada para o controle glicêmico, garantindo os melhores resultados e consequentemente melhoria na qualidade de vida desses indivíduos. Portanto, este trabalho se dá em prol da identificação de intervenções eficientes para indivíduos com diabetes do tipo 2.

## 2 METODOLOGIA

De acordo com Ventura et al (2015), metodologia pode ser definida como o arcabouço de conhecimentos e ações utilizados para a investigação científica. A metodologia compreende o método de investigação, o tipo de pesquisa (por objetivo e por delineamento), os procedimentos investigativos e a abordagem para análise dos dados.

Quanto a este Trabalho de Conclusão de curso, o método de investigação compreende-se em pesquisa bibliográfica, no qual tem relação com o marco teórico positivista. A proposta de pesquisa encontra-se na área das ciências biológicas, no qual o positivismo é usado com mais frequência. O empirismo, de acordo com Ventura et al (2015), tem como pressuposto a experiência, defendendo que a fonte do conhecimento não está contida na razão nem no pensamento, mais sim na experiência. Segundo Ventura et al (2015), o positivismo parte do pressuposto que o conhecimento se dá a partir dos dados levantados, assim não permite outra realidade que não dentro dos fatos, nem pesquisar outra coisa que não seja a relação entre eles.

Dado o marco teórico, partimos para o tipo de pesquisa quanto ao objetivo, em que o projeto se enquadra no tipo de pesquisa descritiva, pois o problema da pesquisa se dá pela possibilidade de utilização de exercício físico como mecanismo de tratamento não farmacológico, por meio do delineamento de uma pesquisa bibliográfica de artigos científicos, os quais dispõem de conhecimentos produzidos em sua maioria por pesquisa experimental, e que nos permitem absorver tais conhecimentos e adquirir experiências a respeito do tema; assim contribuindo para a construção de problemas e hipóteses mais precisos que viabilizam a pesquisa.

O levantamento de dados pode ser compreendido como o primeiro passo de uma pesquisa bibliográfica; em concordância, este trabalho classifica-se como uma revisão bibliográfica que de acordo com Ventura et al (2015) se utiliza da produção disponível por outros autores sobre o mesmo tema. Desse modo, o levantamento de dados trata-se dos procedimentos investigativos, cujo se dará pela busca em base de dados de artigos científicos nas áreas das ciências biológicas e da ciência da saúde, utilizando a abordagem quanti-qualitativa em determinação dos objetivos.

Dessa forma, a busca pelos artigos se deu na base de dados Pubmed, Scielo e Periódicos Capes (devido uma maior afinidade e praticidade para com estes buscadores), entre os anos de 2015 e 2021 (devido a busca por conhecimentos atualizados a respeito do tema), na língua portuguesa e inglesa, utilizando a combinação dos termos: diabetes mellitus tipo 2 e exercício, glicose e exercício, hiperglicemia e exercício; assim como seu termo em inglês. Foram

encontrados 665 artigos. Os critérios de inclusão foram: estudos empírico-analíticos, no qual sua amostra seja composta de humanos diagnosticados com diabetes tipo 2 ou classificados como limítrofes, e que envolva o uso de exercício físico como forma de tratamento. Os critérios de exclusão foram: estudos com indivíduos diabéticos do tipo 2 que apresentam como comorbidade doença cardiovascular. Deste total, foram escolhidos 21 artigos para compor o presente Trabalho de Conclusão de Curso; assim como foi realizado o acesso aos sites de entidades internacionais e nacionais relacionados à diabetes, na busca por maiores informações e dados.

### 3 CAPÍTULO 1: DIABETES MELLITUS

A Diabetes Mellitus (DM) é uma doença crônica de origem multifatorial caracterizada por níveis elevados de glicose no sangue (hiperglicemia) devido a desordens metabólicas e endócrinas como resistência à insulina, intolerância à glicose e secreção deficiente (pouca ou nenhuma) de insulina pelo pâncreas (ALVIM et al 2015; ARSA et al 2009; ARTIOLI e FILHO, 2016).

De acordo com a Federação Internacional de Diabetes, aproximadamente 537 milhões de adultos com idade entre 20 e 79 anos vivem com diabetes no mundo, com estimativas que esse número chegue a 783 milhões até 2045. O Brasil é o país com o maior número de pessoas diagnosticadas com diabetes da América Latina, com 16,8 milhões e o 5º país no mundo com o maior número de diabéticos (ATLAS IDF, 2019).

Existem três tipos principais de diabetes: tipo 1, tipo 2 e gestacional. A tipo 1 ou insulino-dependente, caracterizada pela deficiência na secreção de insulina pelo pâncreas, seja pela quantidade insuficiente ou pela não produção, dependendo desta para a manutenção da homeostase glicêmica, ocorre com mais frequência em crianças e adolescentes; tipo 2 ou não insulino-dependente, caracterizada pela resistência à insulina, onde a ação da insulina em transportar glicose para o interior da célula fica prejudicada, dificultando a captação de glicose pelos tecidos alvos, ocorre com mais frequência em adultos e idosos; e a gestacional, caracterizada pela hiperglicemia durante a gestação, estando associado a complicações tanto para a mãe quanto para a criança, aumentando a possibilidade de desenvolver o tipo 2 futuramente. Independente da classificação, a principal característica da Diabetes Mellitus é a manutenção da glicemia em níveis acima dos valores considerados normais. Dentre os tipos de Diabetes Mellitus, o tipo 2 é o mais comum, representando cerca de 90% dos casos (Federação Internacional de Diabetes).

Os fatores de risco associado ao desenvolvimento de Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) são: obesidade/sobrepeso, hipertensão, dislipidemia, sedentarismo, má alimentação, fatores genéticos e alterações fisiológicas associadas ao processo de envelhecimento. Indivíduos diabéticos têm o risco aumentado de desenvolver doenças cardiovasculares, disfunção endotelial, aterosclerose, retinopatia, nefropatia, neuropatia, síndrome metabólica e úlceras, podendo levar a amputação de membros, e se não bem tratado e controlado aumenta as chances de acidentes potencialmente fatais como acidente vascular cerebral (AVC) e infarto.

O tratamento de DM2 envolve intervenções no estilo de vida, como a implementação de exercício físico, dieta e em alguns casos o uso de insulina e medicamentos farmacológicos.

Os benefícios da prática regular de exercício físico estão claros na literatura, não apenas na população diabética, mas em toda a população; contribuindo principalmente para o controle da glicemia, aumento da sensibilidade à insulina e captação de glicose pelos tecidos alvos, não só, como também, demonstram diminuir os riscos de desenvolver doenças cardiovasculares e aterosclerose, contribui para o controle da pressão arterial, retardo no desenvolvimento de sarcopenia, obesidade e melhora da função endotelial. O principal risco associado ao tratamento de DM2 é a hipoglicemia, caracterizada por baixos níveis de glicose no sangue, decorrente de fatores como: má alimentação, má administração de insulina, mudanças de medicação, tempo e intensidade do exercício. A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que adultos e idosos devem realizar atividade física regularmente, entre 150 a 300 minutos de atividade física aeróbica de intensidade moderada ou entre 75 e 150 minutos de intensidade vigorosa por semana, atividade de fortalecimento muscular que envolvam os principais grupos musculares de intensidade moderada pelo menos 2 dias por semana; e atividade multicomponente que enfatize a capacidade funcional e o treinamento de força em idosos.

### 3.1 FISIOPATOLOGIA

A DM2 é caracterizada por hiperglicemia e tem sua patologia associada a resistência à insulina, compromete o funcionamento endócrino, prejudica a ação da insulina em exercer seu papel no metabolismo da glicose e a sua captação pelos tecidos alvos, principalmente pelo sistema músculo esquelético, mas também pelo tecido adiposo e pelo fígado (SILVA et al 2015; ARTIOLI e FILHO, 2016; OLVER e LAUGHLIN, 2015; ALVIM et al 2015).

A insulina é um hormônio anabólico secretada pelo pâncreas (células  $\beta$  das Ilhotas de Langerhans) em função da elevação da glicemia, em período pós-prandial, e importante para vários processos celulares, como síntese de proteínas, transcrição genética e metabolismo. Visto que o DM2 se refere a incapacidade da insulina em exercer suas funções, a resistência a sua ação impede o desencadeamento de repostas enzimáticas, configurando em uma reação em cascata intracelular, onde a ação da insulina, em tecidos responsivos, é iniciada por ligação (sinalização intracelular) ao seu receptor específico de membrana (proteína heterotetramérica) com atividade quinase; esse receptor é composto por duas subunidades  $\alpha$  (extracelular) e duas subunidades  $\beta$  (intracelular), que atua como uma enzima alostérica (regulador do metabolismo que pode atuar como inibidor ou ativador da reação enzimática), onde a subunidade  $\alpha$  inibe a atividade tirosina quinase (PTK) da subunidade  $\beta$ . A subunidade  $\alpha$  (fração de ligação) possui o sítio de ligação para a insulina e permite que a subunidade  $\beta$  (com atividade tirosina quinase)

realize a auto fosforilação de substratos proteicos, aumentando a atividade quinase do receptor. O receptor da insulina (proteína heterotetramérica) fosforila a família dos substratos proteicos IRS (substratos receptores de insulina) em tirosina, criando sítios de reconhecimento (ligação) para moléculas contendo domínios com a homologia SH2, como a fosfatidilinositol 3-quinase (PI 3-quinase). A PI 3-quinase é importante para mitogênese (mitose, processo de divisão celular importante para o crescimento, regeneração e renovação de tecidos), diferenciação celular e transporte de glicose estimulada pela insulina, ativando os transportadores de glicose (GLUT) para a membrana celular, facilitando a captação de glicose pelo tecido músculo esquelético (ALVIM et al 2015; CARVALHEIRA et al 2002; ARSA et al 2009).

A principal alteração endócrina no DM2 é a resistência à insulina, que desencadeia diversas alterações metabólicas, principalmente a hiperglicemia, que por sua vez está associada a condições patológicas como obesidade, aterosclerose, doenças/eventos cardiovasculares, disfunção endotelial e complicações microvasculares (ALVIM et al 2015; SILVA et al 2016).

Estudos apontam a hiperglicemia como a disfunção crônica responsável pelos fatores de risco para o acometimento de disfunção endotelial, como altos níveis de espécies reativas de oxigênio (ROS), inibição de óxido nítrico (NO) e aumento de citocinas inflamatórias; que por sua vez, a disfunção endotelial é um fator de risco para o desenvolvimento de aterosclerose e doenças cardiovasculares. O endotélio (camada celular mais interna dos vasos sanguíneos) é responsável por sintetizar e secretar substâncias vasodilatadoras, como óxido nítrico (NO) e prostaciclina; e vasoconstritoras, como endotelina e espécies reativas de oxigênio (ROS); sendo responsável pela regulação da pressão arterial e controle vasomotor. Na disfunção endotelial, o endotélio perde sua função protetora e regulatória, tornando-o vulnerável e permeável para células inflamatórias e lipídios, desenvolvendo aterosclerose, estando associada aos níveis elevados de colesterol, LDL (lipoproteína de baixa densidade) e homocisteína, este último demonstra alta correlação com as doenças cardiovasculares. Dessa maneira, a aterosclerose é a principal causa de morte em indivíduos acometidos de DM2 (OLVER e LAUGHLIN, 2015; SILVA et al 2016).

ROS são radicais livres (moléculas reativas e instáveis), produzidos devido a hiperglicemia. A produção aumentada de ROS promove estresse oxidativo (desequilíbrio dos níveis de agentes oxidantes e antioxidantes). Níveis elevados de ROS, como o superóxido, em células endoteliais, ao reagir com NO produz peroxinitrito, que por sua vez inibe a síntese de NO ou diminui sua disponibilidade; podem promover danos a diversas moléculas, como o DNA, proteínas, carboidratos e lipídeos, desencadeando danos e alterações nas funções

celulares; e está associado a doenças cardiovasculares e câncer. No entanto, em certos tecidos, como o músculo esquelético, a produção de ROS pode ser estimulada pela hipóxia (baixa concentração de oxigênio nos tecidos), insulina e contração muscular; e níveis normais de ROS apresentam grande importância para o sistema de defesa imune e sinalização celular (OLVER e LAUGHLIN, 2015; ALVIM et al 2015; GOUVEIA e LIMA, 2017).

O NO é uma molécula do grupo dos radicais livres importante em vários processos fisiológicos no sistema cardiovascular e imunológico. No sistema cardiovascular, o NO é liberado pelo endotélio e responsável pela vasodilatação do músculo liso cardíaco, vasos e artérias sanguíneas. No sistema imunológico, quando ocorre um processo inflamatório, há uma produção significativa de NO pelos macrófagos e neutrófilos (células de defesa), que nessas condições, age como uma substância oxidante contra células cancerosas, bactérias e fungos. No entanto, alterações nos níveis de NO podem prejudicar suas funções fisiológicas, podendo resultar em hipertensão quando sua concentração for baixa e ocasionar respostas inflamatórias e até infarto, quando em altas concentrações (ALVIM et al 2015; BARRETO et al 2005).

Além dessas complicações macrovasculares associada à hiperglicemia, tem diversas outras microvasculares, como a nefropatia (doença renal), retinopatia (doença na retina) e neuropatia (lesão nos nervos) (FERREIRA et al 2017).

A hiperglicemia está associada ao desenvolvimento de sarcopenia (perda de massa e força muscular esquelética) em idosos, um processo fisiológico comum decorrente do envelhecimento, comprometendo a capacidade funcional, que geralmente são mais acometidos por DM2; e por consequência, é um fator de risco para o desenvolvimento de doenças macro e microvasculares apresentadas anteriormente (YALAMANCHI et al 2017; HEUBEL et al 2018; WANG et al 2021).

As doenças cardiovasculares são a principal causa de morte no DM2. A DM, tanto tipo 1 quanto tipo 2, é um fator de risco para o desenvolvimento dessas doenças. Dentre as doenças e eventos mais comuns estão o infarto agudo do miocárdio, acidente vascular cerebral, hipertrofia do músculo cardíaco, insuficiência cardíaca, hipertensão e aterosclerose (FERREIRA et al 2017; KOLCHRAIBER et al 2018; CASSIDY et al 2016).

Quanto ao risco do tratamento da DM2, que consiste no controle da glicemia, por meio de exercício físico, uso de insulina e medicação, há uma associação com o aumento de eventos hipoglicêmicos, o qual pode ser considerado como um dos principais obstáculos para o controle glicêmico. Geralmente, esses eventos, são mais comuns em indivíduos tratados com insulina (inclusive DM1) e medicamentos que estimulam a secreção de insulina pelas células

pancreáticas como sulfonilureas e glinidas, durante o exercício físico. Portanto, considerando que a hipoglicemia é um risco para a saúde do diabético, é recomendado que esses indivíduos monitorem sua glicemia diariamente, pois baixos níveis de glicose podem resultar em sérias consequências podendo ser fatal (FERREIRA NETA et al 2017; CHIANG et al 2019; SÁNCHEZ et al 2015).

## 4 CAPÍTULO 2: ATIVIDADE FÍSICA, EXERCÍCIO FÍSICO E SAÚDE

A epidemiologia é definida como uma ciência, a qual estuda os fenômenos da saúde-doença, bem como seus determinantes em grupos específicos de uma população. Por meio da epidemiologia é possível ter uma visão da frequência, da distribuição e dos tipos de doenças que acometem a humanidade em diferentes épocas e localidades, considerando fatores como: genética, meio ambiente e estilo de vida da população (PITANGA, 2010).

De acordo com Pitanga (2010), a epidemiologia aplica-se a três ações: a) descrever as condições de saúde da população; b) investigar os fatores determinantes da situação de saúde e c) avaliar o impacto e a efetividade das ações para alterar a situação de saúde.

Dado as aplicações, partimos para a investigação das causas e determinantes da doença, ou seja, a relação de causalidade (causa e efeito), onde a causa é entendida como a condição que antecede a doença, ou seja, o fator necessário para a ocorrência do efeito doença. O processo saúde-doença consiste em dois períodos: de incubação e de latência; o período de incubação refere-se ao intervalo de tempo entre a exposição à causa e início da doença, enquanto o período de latência consiste no intervalo de tempo entre o início do evento (doença) e o seu diagnóstico (PITANGA, 2010). Desse modo, segundo Pitanga (2010), as bases da relação de causalidade em epidemiologia são centradas em testes de hipóteses: a) hipótese nula, onde a exposição à causa não tem relação causal com o evento (doença), e b) hipótese verdadeira, onde verifica-se uma relação causal entre causa e efeito.

Nessa perspectiva, objetivando políticas públicas de saúde, Testh (1988 apud Pitanga 2010), por meio de sua proposta do modelo multicausal, o qual demonstra que as doenças são causadas por inúmeros fenômenos (agentes biológicos que contaminam o solo, a água, o ar e os alimentos; estresse; comportamento sedentário; predisposição genética; aspectos econômicos e sociais), apresenta três teorias determinantes da doença: a teoria do germe, a teoria do estilo de vida e a teoria ambiental. A teoria do germe, difundida durante a era epidemiológica das doenças infecciosas causadas por micro-organismos; a teoria do estilo de vida, a qual associa as causas das doenças como comportamentais, como o sedentarismo, que por sua vez relaciona-se diretamente com as doenças crônico-degenerativas; e a teoria ambiental, a qual associa o surgimento de problemas de saúde à poluição do meio ambiente decorrente da modernidade. Posteriormente, Barreto (1998 apud Pitanga 2010), apresenta uma quarta teoria, baseada na ciência, é a teoria genética, a qual por meio de pesquisas genéticas têm apontado a causa de algumas doenças como genéticas, ou seja, são hereditárias, como doenças crônicas, diabetes, câncer e doenças cardiovasculares.

Em consonância, um conceito importante de abordar, o qual fará associação entre epidemiologia, atividade/exercício físico, qualidade de vida e saúde, é o da transição epidemiológica, que se traduz na evolução da sociedade para a modernidade, caracterizada pela redução da morbidade e mortalidade por doenças infecciosas, entretanto, com predomínio de doenças crônico-degenerativas; dando início a ênfase na importância da atividade física para tratamento de doenças e melhoria da saúde. Nesse contexto, a atividade física relacionada à saúde, configura-se como um fator capaz de modificar o risco para o desenvolvimento de doenças, beneficiando o sistema imunológico, modificando o estilo de vida e o comportamento sedentário (PITANGA, 2010).

#### 4.1 ATIVIDADE FÍSICA X EXERCÍCIO FÍSICO

Atividade física e exercício físico são termos frequentemente utilizados erroneamente como sinônimos; entretanto, são coisas distintas, mas com os mesmos objetivos: combater o comportamento sedentário e seus riscos, melhorar ou manter o condicionamento físico, desempenho físico ou saúde.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) em seu guia “diretrizes sobre atividade física e comportamento sedentário” define atividade física como qualquer movimento corporal produzido por músculos esqueléticos que exija gasto energético e possa ser realizado em uma variedade de intensidades, como parte do trabalho, tarefas domésticas, transporte ou no lazer, ou quando participa de exercícios ou atividades esportivas (OMS, 2020).

O exercício físico é definido como uma subcategoria de atividade física, o qual é planejada, estruturada, repetitiva e proposital no sentido de que a melhoria ou manutenção de um ou mais componentes do condicionamento físico (resistência cardiovascular e muscular, força, flexibilidade e equilíbrio) é o objetivo (OMS, 2020).

Portanto, todo exercício físico é uma atividade física, mas nem toda atividade física é um exercício físico.

#### 4.2 SAÚDE E APTIDÃO FÍSICA

Como em momentos anteriores foi apontado definições de atividade física e exercício físico, assim como esclarecidas suas diferenças, partimos para o conceito de saúde e aptidão física. Saúde, em seu sentido amplo, é caracterizada como uma condição humana constituída

pelas dimensões física, social e psicológica; e cada vez mais têm deixado no passado o sentido referido apenas a ausência de doenças, sendo conceituada de acordo com Who (1978 apud Pitanga 2010), como um estado de completo bem-estar físico, mental e social.

Quanto à aptidão física, parece não haver uma definição clara a seu respeito; é caracterizada por mais de um fator, como capacidade cardiovascular, força muscular, frequência cardíaca e pressão sanguínea, no qual tais fatores eram usados para mensurar níveis de aptidão física; no entanto, seu conceito tem sido associado a um modelo multidimensional de componentes, que possibilita defini-la como a capacidade de um indivíduo em exercer atividades do cotidiano sem excessiva fadiga (PITANGA, 2010).

A aptidão física pode ser classificada em dois grupos: relacionada à habilidade atléticas e relacionada à saúde. Segundo Pitanga (2010), a primeira é avaliada por componentes como: capacidade anaeróbica, velocidade, agilidade e força; enquanto a segunda, pelas dimensões: morfológica, funcional-motora, fisiológica e comportamental.

Em concordância com Pate (1988 apud Pitanga 2010), a aptidão física relacionada à saúde associa-se à capacidade de o indivíduo realizar atividades do dia a dia sem dificuldades, assim como diminuir os riscos para o desenvolvimento de doenças crônico-degenerativas. Dessa forma, aptidão física relacionada à saúde refere-se às atividades e exercícios físicos que geram adaptações positivas ao estado de saúde, no qual seus componentes estão relacionados às dimensões morfológica (ex.: composição corporal), funcional-motora (ex.: função cardiorrespiratória e musculoesquelética), fisiológica (ex.: pressão sanguínea) e comportamental (ex.: estresse). Já a aptidão física relacionada às habilidades atléticas, considera-se os mesmos componentes da anterior, além das variáveis importantes para a avaliação de atletas: capacidade anaeróbica, velocidade, força e agilidade. Assim, a aptidão física relacionada às habilidades atléticas refere-se aos incrementos no rendimento esportivo ocasionados pelo programa de exercício físico (PITANGA, 2010).

#### 4.3 BENEFÍCIOS DA ATIVIDADE FÍSICA E EXERCÍCIO FÍSICO PARA SAÚDE

Para análise situacional do processo de saúde-doença, temos os indicadores de morbidade (taxa de portadores de determinada doença em relação à população estudada em determinado período) e mortalidade (taxa de mortalidade é um índice demográfico que reflete o número de mortes registradas em determinado período), capazes de fornecer dados a respeito da saúde de uma população, ou seja, pode referir-se como um reflexo das condições de vida de uma população/sociedade.

De acordo com o Ministério da saúde (2021), ao fazer um panorama da mortalidade por Doenças Crônicas Não Transmissíveis no Brasil (DCNT), observa-se uma transição epidemiológica marcada em especial por doenças crônicas e seus fatores de risco.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), as DCNTs representam o grupo de doenças de maior expressão no mundo, acometendo em especial populações mais vulneráveis como de baixa renda e escolaridade, devido algumas questões como: maior exposição aos fatores de risco, baixo acesso as informações e aos serviços de saúde. Além disso, as DCNTs são responsáveis pela alta taxa de morbimortalidade (incidência de doenças e/ou de óbitos em uma população) e mortalidade prematura (entre 30 e 69 anos de idade) por doenças cardiovasculares, seguido por neoplasias, diabetes e doenças respiratórias crônicas (OMS, 2015; OMS, 2011 apud MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

Ao verificar o comportamento das quatro principais DCNTs (doenças cardiovasculares, neoplasias malignas, diabetes e doenças respiratórias crônicas) entre os anos 2000 e 2019, por sexo, observa-se que na população masculina, as doenças cardiovasculares foram responsáveis pelas maiores taxas de mortalidade e têm apresentado um decréscimo no período; enquanto na população feminina, entre os anos de 2000 e 2013, houve prevalência das doenças cardiovasculares, ocorrendo a partir de 2014, um aumento da taxa de mortalidade por neoplasias malignas, tornando-a a maior causa de óbito por DCNT (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

Portanto, no contexto das DCNT, o Ministério da Saúde aponta para a necessidade de se conhecer o comportamento da população, o qual permite o planejamento e desenvolvimento de ações que podem influenciar a qualidade de vida e saúde da mesma, visto que a maior parte das mortes prematuras estão ligadas à fatores de risco modificáveis, como: obesidade, inatividade física, mal hábito alimentar, tabagismo e alcoolismo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

Quanto à obesidade, de acordo com a OMS, entre os anos de 2006 e 2019 houve um aumento de 72% na prevalência de obesidade em adultos brasileiros. A mesma organização aponta que para a redução da prevalência e mortalidade por DCNT, os benefícios da atividade física/exercício físico são bem estabelecidos e reconhecidos (OMS, 2014 apud MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

Em um estudo de coorte prospectivo com 11.938 adultos saudáveis com idade entre 18 e 89 anos (média de 47 anos), com IMC < 30 kg/m<sup>2</sup> (média de 24,8 kg/m<sup>2</sup>), foram acompanhados durante um período médio de 6 anos, Brellenthin et al (2021) tiveram como objetivo examinar as associações de longo prazo entre exercício resistido (ER), independente e

combinado com exercício aeróbico (EA) e obesidade incidente. Para análise e avaliação, foram utilizadas medidas antropométricas e de composição corporal; características demográficas (idade e sexo), comportamentos de estilo de vida (tabagismo, consumo de álcool e atividade física) e histórico médico (hipertensão, hipercolesterolemia e diabetes) foram coletados por meio de questionários. A obesidade incidente foi definida como um IMC  $\geq 30\text{kg/m}^2$ ; além disso, foi utilizado duas subamostras, uma pela circunferência de cintura (CC)  $> 102\text{cm}$  para homens e  $> 88\text{cm}$  para mulheres, e outra pelo percentual de gordura corporal (PGC)  $\geq 25\%$  para homens e  $\geq 30\%$  para mulheres (BRELENTHIN et al, 2021).

Os participantes foram categorizados em quatro níveis de EA com base na frequência e duração da atividade, a qual foi transformado em equivalente metabólico minutos/semana (MET-min/sem), classificados em (0, 1-499, 500-999 ou  $\geq 1000$  MET-min/sem). Quanto ao ER, os participantes foram categorizados quanto a duração (0, 1-59, 60-119, 120-179 ou  $\geq 180$  min/sem) ou pela frequência (1, 2, 3, 4 ou  $\geq 5$  d/sem) (BRELENTHIN et al, 2021).

As diretrizes definidas para examinar as associações entre ER, EA e a combinação de ambos e obesidade incidente foram de: para EA  $\geq 500$  MET-min/sem (Equivalente Metabólico) e ER  $\geq 2$  d/sem (BRELENTHIN et al, 2021).

Como resultado, os autores apresentam que 71% dos participantes não realizaram ER e 7% (874 dos 11.938 participantes) desenvolveram obesidade definida pelo IMC; quanto a subamostra de CC, 8% (726 dos 9.490 participantes) desenvolveram obesidade definida pela CC; enquanto na subamostra de PGC, 19% (1.683 dos 8.733 participantes) desenvolveram obesidade definida pelo PGC (BRELENTHIN et al, 2021).

Brellenthin et al (2021), apresentam ainda que, realizar qualquer ER (média de 111 min/sem) foi associado a um risco reduzido de desenvolver obesidade definida por IMC, CC e PGC em 19%, 31% e 32%, respectivamente, quando comparado a não realização de ER. Quanto a atender as diretrizes de ER foi associado a um risco reduzido de 18%, 30% e 30% de desenvolver obesidade definida por IMC, CC e PGC, respectivamente, quando comparado aqueles que não cumpriram as diretrizes. Já em relação a taxa de risco de obesidade (hazard ratio = HR), os valores mais baixos foram entre aqueles que atenderam as duas diretrizes (ER combinado EA), segundo somente de ER e terceiro somente de EA, em comparação aqueles que não realizaram nenhuma das diretrizes. Além disso, ao fazer uma análise conjunta adicional usando como referência o grupo que realizou apenas as diretrizes de EA, mostrou que atender as duas diretrizes estava associado a um risco significativamente menor de desenvolver

obesidade definida pelo PGC (HR=0,69) e CC (HR=0,73), mas não pelo IMC (HR=0,84) (HR < 1, significa menor risco).

Com relação aos achados do estudo, Brellenthin et al (2021) destacam que o cumprimento das diretrizes de ER está associado a uma redução no risco de desenvolver obesidade definida pelo IMC, CC ou PGC de 20% a 30%, e que estes valores são comparáveis à uma redução do risco de doença cardiovascular de 20% a 30% em adultos com níveis médios de colesterol tratados com terapia medicamentosa.

Realizar ER por 1 a 2h/sem (média de 78min/sem) foi associado com o menor risco de desenvolver obesidade, quando comparado ao grupo que não realizou ER; portanto, Brellenthin et al (2021) sugerem que quantidades adicionais de ER podem não ser necessários para ajudar a prevenir a obesidade. Além disso, na análise de conjunta adicional, mostrou que atender as diretrizes de ER ou EA foi associado a um risco significativamente menor de desenvolver obesidade, entretanto, a combinação entre ER e EA foi associado a um menor risco de obesidade incidente, quando comparado ao grupo que não cumpriu nenhuma das diretrizes (BRELENTHIN et al, 2021).

É importante fazer algumas ressalvas quanto as medidas de adiposidade e as associações entre ER e obesidade, como por exemplo, a alta quantidade de ER ( $\geq 3\text{h/sem}$  ou  $\geq 5\text{d/sem}$ ) não foram associadas a um risco reduzido de obesidade definido pelo IMC; já quando definido pela CC e PGC foram significativamente associadas. Isso pode ser explicado devido o IMC não levar em consideração a distribuição de gordura e a composição corporal, como a CC e o PGC, visto que indivíduos praticantes de ER que aumentem sua massa muscular podem ser classificados como obesos através do IMC (BRELENTHIN et al, 2021).

Por fim, deve-se destacar as limitações do estudo, quanto a generalização, a qual é limitada, visto que a maioria dos participantes são brancos, não hispânicos e bem-educados de nível socioeconômico médio a alto; e quanto a homogeneidade da amostra, a qual minimiza os efeitos potenciais das diferenças de raça ou etnia, escolaridade e renda nos resultados, as quais são fatores associados à obesidade (BRELENTHIN et al, 2021).

Em outro estudo desenvolvido por um grupo formado por especialistas em obesidade com experiência na área da atividade física e exercício sob orientação da Associação Europeia para o Estudo da Obesidade (AEEO) tiveram como objetivo realizar uma síntese de literatura na forma de artigo de revisão e com meta-análises, quando aplicável; por meio de tópicos e declaração de evidências sobre o campo do exercício físico no controle do sobrepeso e da obesidade, devido a necessidade de atualização de conhecimento, abordando o efeito geral do

treinamento físico em uma série de fatores no controle do sobrepeso ou obesidade como: alterações no peso corporal e na composição corporal; saúde metabólica; resultados fisiológicos, comportamentais, psicológicos e de cirurgia bariátrica (OPPERT et al, 2021).

Os estudos utilizados foram pesquisados em base de dados eletrônicos publicados entre os anos de 2010 e 2019. Os critérios de inclusão foram: adultos ( $\geq 18$  anos, incluindo idosos); com sobrepeso ( $\text{IMC} \geq 25 \text{ kg/m}^2$ ); ou obesidade ( $\text{IMC} \geq 30 \text{ kg/m}^2$ ); e participantes de um programa de treinamento físico (aeróbico, resistido, intervalado de alta intensidade, ou combinados). Como critérios para exclusão, aqueles com as seguintes comorbidades: doenças cardiovasculares (doença arterial coronariana, AVC e insuficiência cardíaca), câncer, artrite reumatóide, doença inflamatória intestinal, insuficiência renal, neuropatia, distúrbios ortopédicos graves (que limite a mobilidade), deficiência intelectual, doenças psiquiátricas, fibromialgia, asma e distúrbios do sono, foram excluídos. Participantes com as seguintes comorbidades não foram excluídas: diabetes tipo 2, hipertensão, dislipidemia, síndrome metabólica, doença hepática e osteoartrite. Além disso, foram incluídos estudos que apresentassem a combinação de outras intervenções, como por exemplo, dieta (OPPERT et al, 2021).

As principais declarações de evidências a respeito dos principais temas, produzidos pelo grupo, serão apresentadas a seguir:

O treinamento aeróbico reduz o peso corporal (2kg a 3kg em média) quando comparado aqueles que não realizam treino e dieta; e 1kg quando comparado aqueles que realizam treinamento resistido sozinho (OPPERT et al, 2021).

O treinamento aeróbico sozinho ou combinado com treinamento resistido quando associado a uma dieta para perda de peso, leva a uma perda de peso adicional (1,5kg em média) e perda de gordura, quando comparado aqueles que realizam apenas dieta (OPPERT et al, 2021).

Treinamento aeróbico e treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT), mas não treinamento resistido, reduzem a gordura visceral abdominal, quando comparado aqueles que não realizam treinamento (OPPERT et al, 2021).

Treinamento aeróbico e treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT), levam a perda de peso e gordura semelhante, desde que a quantidade de gasto calórico seja a mesma (OPPERT et al, 2021).

O treinamento resistido, mas não o treinamento aeróbico, associado a uma dieta para perda de peso, diminui a perda de massa magra, quando comparado aqueles que realizam apenas dieta (OPPERT et al, 2021).

Adultos que realizam grandes quantidade de atividade física ou exercício físico ( $\geq 250$ min/sem) são mais propensos a obter sucesso na manutenção de peso (OPPERT et al, 2021).

Treinamento físico (aeróbico, resistido ou HIIT) melhoram a sensibilidade a insulina em adultos com ou sem diabetes tipo 2 (OPPERT et al, 2021).

Treinamento físico (aeróbico, resistido ou HIIT) reduzem a pressão arterial sistólica (3mmHg em média) em adultos com hipertensão; e pressão arterial diastólica (2mmHg) em adultos com ou sem hipertensão, quando comparado aqueles que não realizam treinamento físico (OPPERT et al, 2021).

Treinamento físico (aeróbico, resistido ou HIIT) reduzem a gordura intra-hepática, quando comparado aqueles que não realizam treinamento (OPPERT et al, 2021).

Treinamento físico (aeróbico, resistido, aeróbico combinado com resistido e HIIT) aumentam o  $VO^2_{max}$ , quando comparado aqueles que não realizam treinamento (OPPERT et al, 2021).

Treinamento resistido sozinho ou combinado com treinamento aeróbico melhoram a força muscular, quando comparado aqueles que não realizam treinamento (OPPERT et al, 2021).

Programas de treinamento físico podem melhorar a qualidade de vida relacionado ao componente físico (OPPERT et al, 2021).

Apesar dos diversos benefícios do exercício físico no controle do sobrepeso e obesidade, e outras comorbidades, os autores apontam lacunas no conhecimento em alguns aspectos: variabilidade interindividual em resposta ao exercício e suas consequências; volume de atividade física necessária para a manutenção do peso após perda de peso e cirurgia bariátrica; mais evidências sobre resultados psicológicos; conhecimento das relações dose-resposta entre volume de exercício e efeitos, necessários para projetar diretrizes quantitativas específicas; capacitar instrutores e treinadores para oferecer programas de exercícios adaptados; e como aumentar a adesão ao exercício prescrito, especialmente a longo prazo (OPPERT et al, 2021).

## 4.4 DIMENSÃO FISIOLÓGICA, EXERCÍCIO FÍSICO E SAÚDE

### 4.4.1 Pressão arterial

De acordo com Pitanga (2010), a fisiopatologia da hipertensão não está clara e a origem da maioria dos casos da doença é desconhecida, levando o nome de hipertensão idiopática, podendo ser resultado de fatores genéticos, alto nível de sódio na alimentação, obesidade e estresse emocional; além do mais, está associada ao aumento do risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e aterosclerose no caso de idosos.

Segundo Guedes e Guedes (1995 apud Pitanga 2010), a pressão arterial é um processo fisiológico em que ocorre ação de contração e relaxamento do músculo cardíaco, bombeando sangue pelos vasos e artérias sanguíneas, os quais tem propriedades capazes de absorver a pressão que o sangue exerce contra suas paredes. Desse modo, devido a essas propriedades (de vasoconstrição e vasodilatação) os valores de pressão arterial são importantes indicadores relacionados ao sistema de bombeamento e circulação sanguínea.

Quanto a classificação (valores), que veremos mais adiante, e a descrição hemodinâmica (ramo da fisiologia que estuda a circulação sanguínea) da hipertensão, a define/classifica de duas formas: de hipertensão limítrofe, caracterizada pela pressão sanguínea ligeiramente superior ao normal em alguns momentos; e elevação mais acentuada e persistente dos níveis de pressão (PITANGA, 2010).

Como efeitos prejudiciais primários da hipertensão têm-se a sobrecarga de trabalho ao coração e danos as artérias, o que contribui para o desenvolvimento de isquemia do ventrículo esquerdo e aterosclerose, elevando o nível de morte precoce em hipertensos quando comparado a normotensos (PITANGA, 2010).

Segundo Pitanga (2010), o Comitê Nacional de Detecção, Avaliação e Tratamento de Hipertensão americano caracteriza como estado hipertensivo, quando realizada duas ou mais medidas da pressão, em momentos diferentes, cujo valores são iguais ou superiores a 140 mmHg e 90 mmHg; em consonância, apresento a classificação dado os valores de pressão arterial de acordo com a mesma instituição:

Quadro 1. Classificação dos níveis de pressão arterial:

<b>Categoria</b>	<b>P.A. Sistólica (mmHg)</b>	<b>P.A. Diastólica (mmHg)</b>
Normal	< 130	< 85
Normal alta	130 a 139	85 a 89
Hipertensão		
Estágio 1 (leve)	140 a 159	90 a 99
Estágio 2 (moderada)	160 a 179	100 a 119
Estágio 3 (severa)	180 a 209	110 a 119
Estágio 4 (muito severa)	> 210	> 120

Fonte: Pitanga, 2010.

Quanto a influência do exercício sobre a pressão arterial, de acordo com Pitanga (2010), os programas regulares de exercício físico passaram a ser reconhecidos como um fator importante, associado ao medicamento, para o controle da hipertensão; visto que diversos estudos têm demonstrado influências positivas e crônicas na pressão sanguínea após a prática de atividade física (PITANGA, 2010).

#### 4.4.2 Colesterol

O colesterol é um lipídeo encontrado nos alimentos de origem animal como carne e gema de ovo; quanto as concentrações de colesterol no organismo, cerca de 1g/dia são oriundos da síntese pelos tecidos e glândulas como o fígado, o córtex adrenal e os intestinos; enquanto 0,3g/dia são fornecidos pela dieta e absorvidos pelo intestino junto com outros lipídios (PITANGA, 2010).

De acordo com a Sociedade Brasileira de Cardiologia (2001 apud Pitanga, 2010), os valores desejáveis para os níveis de colesterol são de 200 mg/dl, considerado normal; entre 201 mg/dl e 239 mg/dl, considerado limítrofe; e a partir de 240 mg/dl é considerado elevado.

Quadro 2. Classificação dos níveis plasmáticos de colesterol de acordo com a SBC.

<b>Classificação</b>	<b>Colesterol (mg/dl)</b>
Desejável	Até 200
Limítrofe	De 201 até 239
Elevado	A partir de 240

Fonte: Pitanga, 2010.

Valores de colesterol plasmático elevado aumentam o risco de desenvolvimento de doenças cardíacas coronarianas (Aellen et al, 1993 apud Pitanga, 2010), podendo ser um importante preditor dessa doença.

A maioria de estudos sobre a relação entre exercício físico e colesterol total demonstram que praticantes de treinamento aeróbico tem níveis de colesterol plasmático similar ou discretamente menor, quando comparados a pessoas menos ativa fisicamente (Pitanga, 2010); entretanto, em estudo de Katzel et al. (1995 apud Pitanga, 2010), verificou que os níveis de colesterol total são influenciados mais pela redução do peso corporal do que pela prática de exercício físico, apontando que uma dieta alimentar pode ter maior impacto na redução dos níveis de colesterol total

#### 4.4.3 Triglicerídeos

De acordo com Pitanga (2010), os triglicerídeos são componentes principais do armazenamento de gorduras nas células dos animais e são usados pelo organismo como fonte de energia para os processos metabólicos, tendo a mesma função dos glicídios, sendo ambos importantes para produção de energia; além do mais, cerca de 30% a 50% dos glicídios ingeridos são convertidos em triglicerídeos, sendo uma parte armazenada na forma de glicogênio. A síntese ocorre no fígado, porém pequenas quantidades também podem ser sintetizadas no tecido adiposo.

A seguir apresento a classificação dado os valores de triglicerídeos plasmáticos de acordo com a Sociedade Brasileira de Cardiologia (2001 apud Pitanga, 2010):

Quadro 3. Valores de referência para triglicerídeos

<b>Classificação</b>	<b>Triglicerídeos (mg/dl)</b>
Ótimo	< 150
Limítrofe	150 a 200
Alto	200 a 499
Muito alto	≥ 500

Fonte: Pitanga, 2010.

Segundo Haskell (1984 apud Pitanga, 2010) o exercício físico tende a provocar redução na concentração de triglicerídeos; cuja redução pode ser atribuída ao aumento da atividade da lipoproteína lipase (enzima chave para o catabolismo das lipoproteínas ricas em triglicerídeos) no tecido musculoesquelético e/ou adiposo.

De acordo com Aldred et al (1994, apud Pitanga, 2010), no caso de exercício físico de baixa intensidade, os ácidos graxos livres e os triglicerídeos são utilizados como fonte energética; dessa forma, ocorre depleção de triglicerídeos musculares e conseqüentemente diminuição de sua concentração no sangue, devido a atividade da lipoproteína lipase, e posteriormente o retorno as concentrações normais durante o descanso.

Já durante exercício físico de intensidade vigorosa, enquanto ocorre o aumento da atividade da lipoproteína lipase, ocorre também a lipólise no tecido adiposo, o que aumenta a concentração plasmática de ácidos graxos livres, no qual estes promovem a síntese de triglicerídeos de lipoproteínas de densidade muito baixa (VLDL) pelo fígado, aumentando a concentração plasmática de triglicerídeos, configurando em um ciclo sem fim; até que, após o exercício, ocorre uma diminuição na produção de triglicerídeos pelo fígado, porém ainda há uma elevada atividade da lipoproteína lipase, fazendo com que ocorra uma redução na concentração plasmática de triglicerídeos (PITANGA, 2010).

Por fim, deve-se apontar que é pouco provável que o exercício físico exerça influência crônica nos níveis de triglicerídeos quando os valores pré-treinamento já estão baixos; entretanto, em pessoas com hipertrigliceridemia, exercício físico associado a restrição calórica parece gerar efeitos benéficos na redução dos níveis plasmáticos (PITANGA, 2010).

#### 4.4.4 Lipoproteínas plasmáticas

Segundo Haskell (1984 apud Pitanga, 2010) as lipoproteínas plasmáticas são veículos transportadores de lipídios na circulação. Elas são complexos macromoleculares, que em sua composição podem conter colesterol, triglicerídeos, fosfolipídios e proteínas.

Diversos fatores genéticos e ambientais podem influenciar na sua composição, assim como de suas lipoproteínas específicas, como sexo, idade, composição corporal, consumo de gordura, consumo de álcool, hábito de fumar, uso de medicação e exercício físico (PITANGA, 2010).

De acordo com Pitanga (2010), cerca de 95% dos lipídios plasmáticos estão na forma de lipoproteínas. Existem três tipos de lipoproteínas:

A) Lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL-C): contém alta concentração de triglicerídeos, moderada concentração de fosfolipídios e colesterol, além do mais, está associada à aterosclerose progressiva;

B) Lipoproteína de baixa densidade (LDL-C): contém baixa concentração de triglicerídeos e alta concentração de colesterol, além do mais, está associada às alterações nas paredes internas das artérias;

C) Lipoproteína de alta densidade (HDL-C): contém uma concentração de cerca de 50% de proteínas e baixa concentração de lipídios; sua principal função é transportar o colesterol dos tecidos e da corrente sanguínea para excreção pelo fígado.

O VLDL-C é o maior veículo transportador dos triglicerídeos endógenos; o LDL-C é a partícula transportadora do colesterol na circulação, e é sintetizada a partir do VLDL-C; enquanto o HDL-C tem a função de transportar o colesterol dos tecidos periféricos para excreção pelo fígado (Pitanga, 2010).

O HDL-C, é considerado como o “colesterol do bem” pela população não científica, devido a ideia de que seu elevado nível promove alguma proteção contra a aterosclerose; essa lipoproteína pode ser sintetizada em dois locais principais: no fígado e nas células epiteliais dos intestinos; além disso, pode ser formada a partir da hidrólise da lipoproteína rica em triglicerídeos. O HDL-C foi alvo de um grande número de estudos a partir da tese de que o exercício físico pode elevar sua concentração, assim os objetivos foram a respeito de verificar tal relação. Os maioria dos resultados têm demonstrado que homens treinados com exercícios de endurance (aeróbicos de baixa intensidade e longa duração) apresentam maiores níveis de HDL-C quando comparados com a população de modo geral (PITANGA, 2010).

Quadro 4. Valores de referência para lipoproteínas plasmáticas:

<b>Classificação</b>	<b>LDL-C (mg/dl)</b>	<b>VLDL-C (mg/dl)</b>	<b>HDL-C (mg/dl)</b>
Ótimo	< 100	Até 33	
Desejável	100 a 129		> 40
Limítrofe	130 a 159		
Alto	160 a 189		> 60
Muito Alto	≥ 190		

Fonte: Pitanga, 2010.

Segundo Pitanga (2010), níveis de HDL-C a partir e acima de 60 mg/dl pode exercer função protetora contra doença arterial coronariana. De acordo com o autor, uma combinação de alto nível de LDL-C e baixo nível HDL-C é um fator causal de aterosclerose; tal doença antecede ao derrame e infarto do miocárdio, devido condições causadas pela restrição do fluxo sanguíneo nas artérias e vasos do cérebro de coração. A explicação para relação entre LDL-C e

aterosclerose se dá devido a formação de placas de gordura nas paredes internas das artérias; enquanto o HDL-C tem a função de remoção dos depósitos lipídicos. Desse modo, a ideia inicial de que o HDL-C promove proteção contra aterosclerose se confirma, seus valores elevados são benéficos para o melhor estado de saúde, enquanto níveis elevados de LDL-C é fator causal para aterosclerose.

Segundo Gordon et al. (1983 apud Pitanga, 2010) em seu estudo, demonstrou que baixos níveis de HDL-C está associado ao aumento no risco de desenvolvimento de doença arterial coronariana, já seus níveis elevados podem exercer efeito de proteção contra essa doença.

Importantes estudos experimentais com objetivos de verificar a influência dos exercícios físicos sobre as concentrações de lipoproteínas plasmáticas, têm demonstrado que pessoas submetidas a programas de exercício físico apresentam alterações favoráveis nos níveis de lipídios sanguíneos. No sexo masculino, exercícios de longa duração e de intensidade baixa a moderada foram associados a diminuição dos níveis de LDL-C e VLDL-C, enquanto houve aumento nos níveis de HDL-C; entretanto, no sexo feminino, apesar dos níveis de LDL-C e VLDL-C responderem de forma similar a dos homens, os níveis de HDL-C não apresentaram mudanças significativas, o que talvez possa ser explicado pela influência hormonal (Pitanga, 2010). Por fim, Kokkinos (1995 apud Pitanga, 2010), em seu estudo verificou que mulheres com alto nível de aptidão física apresentaram níveis elevados de HDL-C quando comparadas a mulheres de baixa aptidão física.

Os mecanismos responsáveis pela redução nos níveis de LDL-C e VLDL-C não estão claros; enquanto a elevação nos níveis de HDL-C tem-se a maior ação da lipoproteína lipase em resposta ao exercício.

## 5 CAPÍTULO 3: EXERCÍCIO FÍSICO E DIABETES MELLITUS TIPO 2

Quadro 5. Resultado dos principais estudos:

Autor/ano/duração	Objetivo	Amostra	Teste pré e pós	Treino	Intensidade	Indicadores de análise pré e pós	Medicamentos	Resultados
ARTIOLI, Dérick Patrick; SÁ FILHO, Dercy José. 2016. 8 semanas.	Avaliar os efeitos de exercícios supervisionados ao perfil glicêmico, composição corpórea e capacidade funcional.	28 indivíduos diabéticos tipo II (26 mulheres e 2 homens) com idade média de 60,8 anos.	Três testes físicos funcionais: Time Up and Go (levantar e andar); Sit-To-Stand (sentar e levantar); Step Test (subir e descer o degrau).	Treino combinado (rodízio ou circuito) 1x por semana. 30-40 min de exercício resistido e 30 min de exercício aeróbico (15 de bicicleta e 15 de caminhada). Treino composto por 10 exercícios para MMII, MMSS e tronco.	Escala de esforço adaptado de Borg, nível de dificuldade de 6 a 8 pontos (difícil a muito difícil); entre 130 – 160bpm aproximadamente.	Glicemia capilar, composição corpórea (IMC e percentual de gordura) e capacidade física (Time Up and Go, Sit-To-Stand e Step Test).	Sim, porém não foi informado o tipo.	14 participantes completaram o programa (todas mulheres). Glicemia capilar pré-exercício média de 150,7mg/dl, pós-exercício média de 112,9mg/dl, uma redução significativa em curto prazo (p=0,000093). Redução não significativa do nível glicêmico em longo prazo (p=0,27). Os indicadores de composição corporal não apresentaram benefícios consideráveis, a média do IMC pré foi de 30,5kg/m <sup>2</sup> e pós de 30,3kg/m <sup>2</sup> (p=0,26); a média do percentual de gordura pré foi 44,5% e pós de 44,8% (p=0,42).

								Todos os testes funcionais melhoraram significativamente ( $p < 0,01$ ), média no teste de levantar e andar pré de 6,0s e pós de 5,4s; média no teste de sentar e levantar pré de 33 rep e pós de 44 rep; média no teste de subir e descer o degrau pré de 16 rep e pós de 20 rep.
FERRERA, NETA, Jacy Souto Maior et al. 2017. 38 semanas.	Identificar episódios de hipoglicemia em diabéticos tipo 2 praticantes de exercício físico.	18 mulheres diabéticas não sedentárias divididas em 3 grupos (TA, TR e TC).	Teste ergométrico para prescrição do TA.	3x por semana em dia não consecutivos.  TA: 15 min de aquecimento, caminhada de 40 min e 10 min de alongamento.  TR: 15 min de aquecimento, programa composto por 8 exercícios, 3 para MMII (quadríceps, isquiotibiais e tríceps sural), e 5 para MMSS (peitoral, tríceps, dorsal, bíceps e deltóide) e 10 min de relaxamento.	TA: de acordo com a frequência cardíaca de reserva.  TR: séries até a falha, com uma margem de 8 a 16 repetições.	Glicemia capilar.	13 participantes faziam uso de hipoglicemiantes e 5 de insulina.	Todas as participantes completaram o programa.  No período de 38 semanas foram registradas 233 hipoglicemias; destes, 19 foram moderadas (entre 50 e 70mg/dl), 214 foram leves (entre 70 e 100mg/dl) e nenhuma grave (< 50mg/dl).  TA: ocorreram 104 hipoglicemias leves e 6 moderadas.  TR: ocorreram 57 hipoglicemias leves e 2 moderadas.  TC: ocorreram 53 hipoglicemias leves e 11 moderadas.  O grupo do TA apresentou maior número de hipoglicemias pós-exercício.

				<p>Sistema de múltiplas séries (3 séries com intervalo de 1 min).</p> <p>TC: 10 min de aquecimento; composto por 20 min de TA e 20 min de TR; o TR foi dividido em 2 treinos, 4 exercícios em cada sessão; e 10 min de relaxamento.</p>				
HEUBEL, Alessandro Domingues et al. 2018. 16 semanas.	Investigar o efeito de um protocolo de treinamento multicomponente na aptidão funcional e parâmetros glicêmicos de	13 idosos com diabetes tipo II e idade média de 68 anos.	Quatro testes físicos funcionais: sentar e alcançar; sentar e levantar; rosca direta e teste de caminhada de 6 minutos.	<p>Treinamento multicomponente 3x por semana em dias não consecutivos.</p> <p>10 min de aquecimento; 50 min de TM (6 a 9 exercícios em forma de circuito divididos em 3 sessões com descanso de 50s a 70s) e 10 min de alongamento.</p>	Sobrecarga progressiva.	Glicemia de jejum, hemoglobina glicada, pressão arterial, avaliação antropométrica (IMC e circunferência de quadril) e aptidão funcional (flexibilidade, força	Hipoglicemiantes (gliptina e biguanida); estimulação de insulina (sulfonilureia) e insulina.	<p>Exceto no teste de sentar e levantar, observou-se melhora significativa em todos os testes funcionais.</p> <p>Sentar e alcançar (pré:11,4cm e pós: 14,5cm; p=0,004).</p> <p>Rosca direta (pré: 16,6rep e pós: 19,4rep; p=0,001).</p> <p>Caminhada de 6min (pré: 480m e pós: 511m; p=0,009).</p> <p>Sentar e levantar (pré: 12,8rep e pós: 13,7rep; p=0,080).</p> <p>Na avaliação glicêmica, apenas a hemoglobina glicada apresentou</p>

	idosos com DM2.					e capacidade cardiorrespiratória).		redução significativa (pré: 7,2% e pós: 6,9%; p=0,010). Não houve alteração na glicemia de jejum (pré: 126,3mg/dl e pós: 126,4mg/dl; p=0,576).
MADS EN, Soren Moller et al. 2015. 8 semanas.	Investigar os efeitos do treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) de baixo volume sobre o controle glicêmico, função pancreática e massa gorda total.	10 idosos não ativos com diabetes tipo II e idade média de 56 anos (intervenção), e 13 indivíduos pareados por idade, altura e peso (controle).	Teste aeróbico em ciclo ergômetro para determinar o VO2máx e teste oral de tolerância à glicose de 2 horas.	HIIT em ciclo ergômetro 3x por semana em dias não consecutivos. 5 min de aquecimento; 10 intervalos (sprint) de 1 min com 1 min de recuperação; 5 min de resfriamento. Duração de 30 min por sessão.	65% da FCmáx e cadência de 70RPM aproximadamente.	Concentração de glicose venosa em jejum, tolerância à glicose no teste oral, hemoglobina glicosilada, resistência e sensibilidade à insulina, função das células beta pancreática, pressão arterial,	Hipoglicemiante (metformina), estimulante de insulina (glimepirida), agentes redutores de lipídios, agentes anti-hipertensivos, agente receptor e inibidor de peptídeo 1 semelhant	Reduções significativas na concentração média de glicose venosa em jejum (p=0,01), hemoglobina glicosilada (p=0,036) e nível final no teste oral de 2 horas (p=0,035) apenas no grupo intervenção. Alterações significativas na redução da resistência à insulina (p=0,03) e aumento da função celular beta pancreática (p=0,03) no grupo intervenção. Redução significativa da pressão arterial sistólica (p=0,001) e diastólica (p=0,0009) no grupo controle. Redução significativa da pressão arterial sistólica (p=0,0002) e diastólica (p=0,0001) no grupo intervenção.

						<p>IMC e circunferência de cintura.</p> <p>e a glucagon.</p>	<p>Alterações significativas no VO<sub>2</sub>máx absoluto em ambos os grupos (intervenção: p=0,03 e controle p=0,01).</p> <p>Não houve alterações significativas no estado lipídico em nenhum dos grupos.</p> <p>Redução significativa da massa gorda abdominal em ambos os grupos (controle: p=0,02 e intervenção p=0,004).</p> <p>Redução significativa na circunferência de cintura em ambos os grupos em média (controle: 98cm para 94cm; intervenção: 100cm para 94cm).</p> <p>O IMC foi reduzido significativamente em ambos os grupos (controle: p=0,0005 e intervenção: p=0,003).</p> <p>A massa corporal magra alterada significativamente apenas no grupo intervenção (p=0,0003).</p> <p>A gordura corporal total não foi alterada em nenhum grupo.</p>
--	--	--	--	--	--	--	--

<p>SLEN TZ, Cris et al. 2016. 24 semanas.</p>	<p>Investigação do benefício do exercício em relação a um programa combinado de exercício/s/dieta, e explorar a influência independente da intensidade e quantidade do exercício para melhorar a homeostase de glicose</p>	<p>195 adultos sedentários (ambos os sexos) com idade entre 45 e 75 anos, IMC entre 25kg/m<sup>2</sup> e 30kg/m<sup>2</sup>, e glicemia de jejum entre 5,28 mmol/l e 6,94 mmol/l, divididos em 4 grupos.</p>	<p>Teste de esteira máximo para determinar o VO<sub>2</sub>pico, teste oral de tolerância a glicose e exame clínico para determinar o estado lipídico.</p>	<p>Treinamento aeróbico predominante em esteiras, mas também com elíptico, remo e ciclo ergômetro. Gasto energético definido por kj kg de peso corporal por semana (KKW). Grupo 1: exercício de baixa quantidade/moderada intensidade 42KKW a 50% do VO<sub>2</sub> de reserva. Grupo 2: exercício de alta quantidade/moderada intensidade 67KKW a 50% do VO<sub>2</sub> de reserva. Grupo 3: exercício de alta quantidade/vigorosa intensidade 67KKW a 75% do VO<sub>2</sub> de reserva. Grupo 4: intervenção no estilo de vida (dieta + exercício), exercício de baixa quantidade/moderada</p>	<p>Entre 50% e 75% do VO<sub>2</sub> de reserva.</p>	<p>Glicemia de jejum, tolerância a glicose no teste oral, insulina em jejum, curva (AUC) de glicose e insulina, estado lipídico, circunferência de cintura, composição corporal e IMC.</p>	<p>Não utilizado.</p>	<p>Exceto o grupo 1 (baixa quantidade), os demais grupos perderam peso significativamente (p&lt;0,001). Os grupos 2 e 3 (intensidade moderada e vigorosa, respectivamente) e o 4 (exercício + dieta) apresentaram melhoras significativas no condicionamento cardiorrespiratório (VO<sub>2</sub>pico ml.kg/min p&lt;0,001) A mudança na composição corporal foi maior para o grupo 4 (exercício/dieta). Somente o grupo 4 (exercício/dieta) reduziu significativamente a glicemia em jejum (p&lt;0,001), assim como obteve efeitos maiores sobre a insulina em jejum (p&lt;0,001), resistência a insulina (p&lt;0,001), índice de matsuda (sensibilidade a insulina) (p&lt;0,001) e curva de concentração de insulina de 2h (AUC) (p&lt;0,001). Quanto a tolerância a glicose, o grupo 1 (baixa quantidade) obteve metade da eficácia do grupo 4 e apresentou 2x mais eficácia que o grupo 3 (intensidade vigorosa).</p>
---	--	--	--	--	--	--	-----------------------	--

	em pessoas em risco de diabetes.			intensidade 42KKW a 50% do VO 2 de reserva, e dieta projetada para reduzir o peso corporal em 7%.				Os grupos 2 (intensidade moderada) e 4 apresentaram alterações significativas e semelhantes na curva de glicose, entretanto a redução da glicose em jejum foi maior no grupo 4; enquanto o grupo 3 (intensidade vigorosa) não apresentou redução significativa na curva de glicose. O grupo 2 (intensidade moderada) apresentou alterações quantitativas maiores que o grupo 1 (baixa quantidade) nas variáveis de homeostase de glicose; entretanto, não foi estatisticamente significativa. O grupo 2 apresentou melhora significativa na glicose em 30 min no teste oral, enquanto o grupo 3 apresentou melhora significativa na glicose em 120 min. O grupo 4 apresentou melhores e mais consistentes alterações significativas. Todos os grupos apresentaram reduções robustas nos níveis de insulina.
--	----------------------------------	--	--	---	--	--	--	---

## DISCUSSÃO

A glicose é um produto do metabolismo de carboidratos fornecidos pelos alimentos e trata-se de uma das principais fontes de energia utilizadas pelas células. De acordo com a Associação Americana de Diabetes, uma das formas de verificar o nível de glicose sanguínea é através do teste de glicemia de plasma de jejum, de pelo menos 8 horas, o qual pode ser diagnosticada dado os valores de referência a seguir:

Quadro 6. Valores de referência para glicemia:

<b>Classificação</b>	<b>Glicose (mg/dl)</b>
Normal	< 100
Pré-diabetes	100 a 125
Diabetes	> 126

Fonte: Associação Americana de Diabetes

Outra forma de monitorar e/ou diagnosticar a diabetes, se dá por meio do teste de hemoglobina glicada (HbA1C), a qual é possível estimar a média de glicose de dois ou três meses. Segundo a Associação Americana de diabetes, a meta é que os níveis de HbA1C em adultos seja inferior a 7%.

Quadro 7. Valores de classificação de HbA1C:

<b>Classificação</b>	<b>HbA1C (%)</b>
Normal	< 5,7
Pré-diabetes	Entre 5,7 e 6,4
Diabetes	> 6,5

Fonte: Associação Americana de Diabetes.

Quanto as desordens metabólicas que caracterizam a diabetes tipo 2, há diversos estudos publicados que investigam o papel do exercício físico sobre o controle glicêmico como uma opção de terapia, seja combinado com outras intervenções ou sozinho.

Em seu estudo, Heubel et al (2018) tiveram como objetivo investigar o efeito de um treinamento multicomponente sobre a aptidão funcional (flexibilidade, força e resistência) e controle glicêmico de idosos com diabetes tipo 2.

Na avaliação da aptidão funcional do componente flexibilidade, foi verificado a flexibilidade dos músculos isquiotibiais e lombares por meio do teste de sentar e alcançar, na posição sentada, com joelhos estendidos e membros inferiores levemente separados, no qual o paciente foi orientado a flexionar o tronco sobre os membros inferiores com o objetivo de alcançar a maior distância possível com os braços estendidos, tendo 3 tentativas para tal; na

avaliação do componente força, para os membros superiores foi realizado o teste de rosca direta na posição sentada, no qual os participantes foram orientados a realizar o maior número de repetições possíveis durante 30 segundos; para os membros inferiores foi realizado o teste de sentar e levantar da cadeira, no qual foram orientados a realizar o maior número de repetições possíveis durante 30 segundos, sendo registrado o número total de repetições em cada teste; na avaliação da capacidade cardiorrespiratória, foi realizado o teste de caminhada de 6 minutos, no qual foram orientados a percorrer a maior distância possível no tempo determinado. Quanto a avaliação da glicemia, foi realizado o teste de glicose em jejum de 8 horas e o teste de hemoglobina glicada (HbA1C), ambos em laboratório (HEUBEL et al 2018). Os testes foram aplicados antes e após o programa de treinamento.

De acordo com os resultados, verificou-se que 16 semanas de treinamento multicomponente foram suficientes para promover melhoras significativas na flexibilidade, na capacidade cardiorrespiratória e na força de membros superiores, exceto em membros inferiores no que diz respeito ao teste de levantar e sentar da cadeira. Quanto a avaliação glicêmica, foi observado diminuição significativa da hemoglobina glicada (HbA1C), no entanto, não no teste da glicemia em jejum (HEUBEL et al, 2018).

Os achados demonstram que o treinamento multicomponente promove alterações benéficas sobre a função física, capacidade funcional e cardiorrespiratória, e ganho de flexibilidade em idosos com DM2. Quanto ao teste glicêmico, apesar da glicemia de jejum e da hemoglobina glicada serem importantes preditores de diabetes; o teste da glicemia em jejum, quando analisada de forma independente, pode ser insuficiente quando o objetivo é monitorar o controle glicêmico, pois pode sofrer influência de vários fatores como o estresse; no entanto, o teste de hemoglobina glicada representa o modelo padrão ouro, devido a capacidade de representar a média de glicose no sangue nos últimos dois ou três meses, demonstrando um efeito crônico do exercício a longo prazo (HEUBEL et al, 2018).

De acordo com os autores (Heubel et al, 2018), a redução significativa da hemoglobina glicada pode ser um efeito crônico influenciado pelo exercício, devido maior sensibilidade a insulina, aumento da expressão transportadora de glicose (GLUT) e/ou da atividade da lipoproteína lipase no metabolismo da glicose, e demais proteínas envolvidas na sinalização intracelular, o que pode ser confirmado pelo estudo de Alvim et al (2015) sobre os aspectos gerais da captação de glicose, pela contração muscular.

No entanto, é importante destacar que os participantes não interromperam o uso de medicamentos (hipoglicemiantes, estimulantes de insulina e insulina exógena) e não receberam

orientações nutricionais durante o estudo, o que pode ter influência sobre os resultados, dificultando mensurar o quanto desse resultado é dependente apenas do exercício físico. Além disso, o estudo apresenta algumas limitações: como a ausência de dados a respeito da intensidade em percentual de 1RM, foi informado apenas pelo aumento do volume em séries e repetições; e a mais importante, pelo fato da ausência de um grupo controle, o que impede a comparação com um grupo intervenção (HEUBEL et al, 2018).

Madsen et al (2015) testaram os efeitos de 8 semanas de um programa de treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) de baixo volume, sobre o controle glicêmico, função das células beta pancreática e massa gorda total. Para avaliar os efeitos do treinamento, os participantes foram submetidos a um teste oral de tolerância a glicose e um teste aeróbico.

O teste oral de tolerância a glicose foi aplicado e coletado em sete pontos (períodos) diferentes, para avaliar o controle glicêmico através da resposta ao teste oral, da concentração plasmática de glicose em jejum, da hemoglobina glicosilada (HbA1C) e área sob a curva (AUC); avaliar a homeostase pancreática; massa gorda total e gordura abdominal (MADSEN et al, 2015).

Dado os resultados do estudo de Madsen et al (2015) verifica-se que o programa de treinamento HIIT de baixo volume de 8 semanas gerou alterações significativas, melhorando o controle glicêmico determinado pela redução da concentração média de glicose venosa em jejum, redução da concentração de glicose no ponto final do teste oral de tolerância a glicose de 2 horas e redução da HbA1C no grupo intervenção.

Importante destacar que a homeostase pancreática determinada pela resistência à insulina (HOMA-IR) e pela função celular beta pancreática (HOMA-%β) foram significativamente melhoradas no grupo intervenção, onde a resistência à ação da insulina foi reduzida e a função pancreática foi aumentada (MADSEN et al, 2015).

A hiperglicemia pós refeição foi alterado significativamente em cinco dos sete pontos (períodos) do teste oral de tolerância a glicose após o programa de intervenção (MADSEN et al, 2015).

Em relação aos indicadores antropométricos, o grupo controle e o grupo intervenção reduziram significativamente a massa gorda abdominal ( $p=0,02$  e  $p=0,004$ , respectivamente), o que representa uma variação percentual média de  $-9,66\%$  e  $-17,84\%$ , respectivamente. Alterações na circunferência de cintura foram significativas em ambos os grupos, em média, de 98cm para 94cm no grupo controle, e de 100cm para 94cm no grupo intervenção. O IMC foi reduzido significativamente em ambos os grupos (controle  $p=0,0005$  e intervenção  $p=0,003$ ).

Enquanto a massa corporal magra foi significativamente alterada apenas no grupo intervenção ( $p=0,003$ ); já a gordura corporal total não houve alteração em ambos os grupos (MADSEN et al, 2015).

Quanto ao estado lipídico (triglicérides, colesterol e HDL), não houve alterações significativas em nenhum dos grupos (MADSEN et al, 2015).

Os achados demonstram que um programa de treinamento HIIT de baixo volume realizado 3x por semana pode ser uma estratégia eficaz para o controle glicêmico a curto prazo, especialmente para aqueles que dispõem de curto tempo para a prática de exercício; no entanto, não se sabe o efeito crônico a longo prazo, assim como na sensibilidade a insulina (MADSEN et al, 2015).

Além disso, houve alteração significativa do  $VO_2$ máx absoluto em ambos os grupos, o que consequentemente elevou significativamente o  $VO_2$ máx relativo; assim como ambos os grupos obtiveram aumento na potência máxima absoluta e relativa no exame final, demonstrando melhora no condicionamento cardiorrespiratório e aptidão física (MADSEN et al, 2015).

Assim como no estudo de Heubel et al (2018), o grupo intervenção continuou com a terapia medicamentosa (hipoglicemiante, estimulante de insulina, e agente receptor e inibidor de peptídeo 1 semelhante a glucagon) durante o estudo, o que pode ter influenciado nos resultados, o que consequentemente impossibilita identificar quanto desses efeitos advém somente do exercício físico (MADSEN et al, 2015).

Já o estudo de Artioli et al (2016), tiveram como objetivo avaliar os efeitos de exercícios supervisionados ao perfil glicêmico, composição corporal e capacidade funcional em idosos submetidos a um programa de treinamento combinado (aeróbico e resistido).

Os testes para avaliar a capacidade funcional foram aplicados antes do programa de intervenção e após uma semana o término; assim como a avaliação glicêmica capilar foi realizada a curto prazo (pré e pós cada sessão de exercício) e reavaliada a longo prazo (após uma semana o término) (ARTIOLI et al, 2016).

No teste de levantar e andar, os indivíduos deveriam levantar da cadeira, percorrer uma distância de três metros e sentar novamente, sendo cronometrado o tempo gasto para tal. No teste de sentar e levantar, os indivíduos deveriam realizar o máximo de repetições possíveis em um minuto sem o auxílio dos membros superiores. No teste do degrau, os indivíduos deveriam colocar e retirar o pé do degrau o máximo de repetições possíveis em um tempo de 15 segundos. Após a realização dos testes, os indivíduos realizaram o programa de treinamento combinado

durante 8 semanas sob supervisão, sendo utilizado a escala de percepção de esforço adaptada de Borg para prescrever a intensidade (ARTIOLI et al, 2016).

De acordo com os resultados, verificou-se melhora significativa em todos os testes funcionais; no teste de glicemia capilar de curto prazo houve alterações significativas (em torno de 25%), exceto no teste de longo prazo; assim como não houve efeitos benéficos nos indicadores de composição corporal (ARTIOLI et al, 2016).

Os achados demonstram que o treinamento combinado realizado 1x por semana promovem um efeito agudo no controle glicêmico a curto prazo e não no longo prazo, confirmando a necessidade de maiores frequências de exercício quando o objetivo se trata de controle glicêmico a longo prazo, sendo sugerido pelo menos 150 minutos de exercício físico aeróbico de intensidade moderada por semana e 2 dias de exercício resistido por semana segundo as diretrizes de atividade física para a promoção da saúde da OMS (ARTIOLI et al, 2016).

Os autores justificam a redução da glicose sanguínea de curto prazo devido ao aumento da atividade e permeabilidade das fibras musculares (contração muscular e captação de glicose), aumento dos transportadores GLUT4, melhorando a sensibilidade a insulina, o que está relacionado ao maior consumo de glicose como fonte energética. Porém, os autores apontam o fato de não haver uma sensibilidade a insulina sustentada devido haver uma perda de sensibilidade de 6 a 8 dias após o término de um período de exercício físico, confirmando que para efeitos crônicos a prática de exercício físico deva ser com maior frequência semanal e regular a longo prazo (ARTIOLI et al, 2016).

O fato de os participantes não terem apresentado alterações benéficas nos indicadores de composição corporal está associado a baixa frequência de prática de exercício físico, inferior as recomendações da OMS. Apesar disso, os participantes apresentaram melhora na capacidade física, demonstrando ser um programa eficaz quando o objetivo for a melhora da capacidade funcional em idosos diabéticos (ARTIOLI, et al, 2016).

Por fim, o estudo de Artioli et al (2016) apresenta algumas limitações quanto a ausência de um grupo controle, a redução significativa no número de participantes, a diferença de idade (mínima de 50 e máxima de 74 anos), o gênero (apenas feminino), os medicamentos utilizados os quais não foram informados, a não utilização do teste de hemoglobina glicada e o fato de o programa não ter atingido a recomendação mínima de atividade física da OMS.

Visto que o principal risco no tratamento da diabetes é a hipoglicemia, Ferreira Neta et al (2017) tiveram como objetivo identificar episódios de hipoglicemia em diabéticos tipo 2

praticantes de exercício físico divididas em 3 grupos, cada um com um programa de treinamento diferente (aeróbico, resistido e a combinação de ambos).

A duração do estudo foi de 38 semanas, sendo o treinamento realizado 3x por semana em dia não consecutivos após 1h do café da manhã. Importante destacar que os participantes (todas mulheres) são ativas fisicamente, com IMC médio de 29,2kg/m<sup>2</sup> e permaneceram com o uso de hipoglicemiantes e insulina durante o estudo, e o único teste utilizado para avaliar o nível glicêmico foi o teste de glicemia capilar antes e após cada sessão (FERREIRA NETA et al, 2017).

Os resultados apresentam que o maior número de hipoglicemias pós-treino ocorreu no grupo que realizou treinamento aeróbico. No total, as participantes que fizeram uso de insulina e hipoglicemiantes não apresentaram diferenças de hipoglicemia, ou seja, ambas foram leves e moderadas (FERREIRA NETA et al, 2017).

De acordo com Ferreira Neta et al (2017), os sintomas de hipoglicemia podem desencadear: mal-estar, náuseas, fome, taquicardia, palpitações, sudorese, tremor, parestesias, tremores entre outros; e esclarecem que as manifestações de hipoglicemia ocorrem quando os níveis plasmáticos de glicose ficam abaixo de 50 a 55mg/dl e que esses valores não se tratam de um limiar exato, podendo variar entre indivíduos, e que a gravidade dos sintomas aumentam à medida que as concentrações plasmáticas diminuem.

Apesar de não ter ocorrido casos de hipoglicemia grave, os autores alertam para os riscos de as hipoglicemias leves e moderadas evoluírem para casos graves nos participantes que fizeram uso de hipoglicemiantes, visto que a prática de exercício físico aumenta esse risco em até 31 horas após o término (FERREIRA NETA et al, 2017).

Portanto, os achados apontam para a necessidade de desenvolvimento de estratégias para a prática segura de exercício físico por indivíduos diabéticos, especialmente aqueles que fazem uso de hipoglicemiantes, podendo ser necessário realizar ajustes na medicação durante a prática de acordo com o tipo, a intensidade e a duração do exercício (FERREIRA NETA et al, 2017).

No estudo de Slentz et al (2016) com indivíduos em risco de desenvolver diabetes tipo II (classificação de pré-diabetes) tiveram como objetivo investigar os efeitos do exercício físico aeróbico sozinho e combinado com uma intervenção nutricional com diferentes intensidade e volume na homeostase da glicose.

Os participantes apresentavam uma glicemia de jejum entre 5,28 e 6,94 mmol/l, ou seja, entre 95,4 mg/dl e 124,92 mg/dl, correspondente com a classificação da concentração de glicose

da Associação Americana de Diabetes; e foram divididos em 4 grupos diferentes, classificados de acordo com o gasto energético definido por kJ kg de peso corporal por semana (KKW) e pela intensidade (SLENTZ et al, 2016).

O objetivo principal é que cada grupo/participante atinja o gasto energético semanal estipulado. Portanto, a frequência da prática de exercício ficou a critério dos participantes, sendo recomendado apenas que cada sessão não ultrapasse 60 minutos. Além disso, foram convidados para se exercitar sob supervisão em pelo menos 2 dias/semana, sendo autorizados a se exercitarem em outros dias sem supervisão (SLENTZ et al, 2016).

Após 24 semanas de intervenção, os resultados apontam que apenas a intervenção exercício e dieta apresentou uma melhora significativa na homeostase de glicose medida pela glicemia em jejum; o exercício de alta quantidade/intensidade moderada apresentou o mesmo efeito na homeostase de glicose medida pela tolerância a glicose do que a intervenção exercício e dieta, e foi superior quando comparado ao exercício de alta quantidade/intensidade vigorosa na homeostase de glicose no teste oral; enquanto o exercício de intensidade vigorosa apresenta-se superior na melhora da aptidão cardiorrespiratória (SLENTZ et al, 2016).

Os achados demonstram que uma intervenção combinada de exercício e dieta promove maiores efeitos na glicemia em jejum do que uma intervenção apenas de exercício; dado de que se trata de um importante preditor, a glicemia de jejum quando alterada é considerado um indicativo de resistência à insulina hepática; enquanto a intolerância a glicose é um indicativo de resistência periférica à insulina. Já quanto à uma intervenção somente com exercício, foi observado que o exercício de intensidade moderada, quando equivalente ao mesmo gasto energético de exercício de intensidade vigorosa, apresentou melhorias significativamente superior na tolerância a glicose. Portanto, exercício de intensidade moderada de alta quantidade, maior gasto calórico ou maior volume, pode ser considerada como uma intervenção eficaz no controle glicêmico de indivíduos em risco de desenvolver diabetes tipo II (SLENTZ et al, 2016).

Visto que a glicemia de jejum é um importante indicativo de resistência à insulina, que por sua vez é uma das principais alterações da diabetes tipo II, uma intervenção combinada entre exercício físico e dieta para uma perda de peso de 7% proposto no estudo de Slentz et al (2016), sugere ser a estratégia mais eficaz na homeostase de glicose em indivíduos em risco de desenvolver diabetes, estando de acordo com a declaração do American College of Sports Medicine (2021) de que uma perda de peso modesta, entre 5% e 7%, apresenta um risco reduzido de desenvolver diabetes tipo II, e mesmo entre aqueles que não atingirem uma perda

de peso de 7% mais que atingirem a meta de atividade física apresentam redução na incidência de diabetes.

No estudo de Slentz et al (2016) é importante atentar-se para o gasto calórico estipulado, pois a adesão por indivíduos de baixa aptidão física ao exercício de intensidade moderada pode ser um desafio, visto que o tempo necessário para atingir o mesmo gasto calórico pode variar de indivíduo para indivíduo de acordo com o nível de aptidão determinado pelo consumo de oxigênio, e com o gênero.

Importante destacar que os participantes não fizeram uso de medicamentos para controlar a glicemia, validando os efeitos das intervenções como uma opção preventiva de desenvolver diabetes tipo II.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há diversos estudos sobre o tema exercício/atividade física e diabetes mellitus, os quais investigam os efeitos agudo e crônico sobre a homeostase de glicose determinado pelos indicadores de glicemia em jejum, hemoglobina glicada, resistência à insulina e tolerância à glicose.

A prática regular de exercício físico, quando não há impedimento para tal, promove benefícios sobre a saúde cardiometabólica em indivíduos com diabetes tipo II que geralmente apresentam outras comorbidades.

O presente trabalho buscou identificar o exercício físico como uma opção terapêutica no tratamento de indivíduos diabéticos sem a necessidade de utilização de medicamentos; no entanto, as produções aqui analisadas, mantiveram em sua maioria, o uso de medicamentos pelos participantes durante o estudo, o que conseqüentemente promove influência sobre os resultados.

Dentre as produções selecionadas, foram observadas a utilização de diversos tipos de exercício, como: treinamento resistido, treinamento aeróbico, treinamento multicomponente, treinamento intervalado de alta intensidade e treinamento de força; assim como o uso de diversos métodos de intervenção, como: exercício combinado com dieta, exercício aeróbico combinado com resistido, exercício aeróbico e exercício resistido, e exercício em diferentes intensidades; e diferentes protocolos de treinamento: sistema de circuito, séries múltiplas, séries até a falha e sobrecarga progressiva.

Apesar dos diversos métodos utilizados pelas produções aqui descritas, todas elas apresentaram alterações benéficas sobre um ou mais indicadores de homeostase de glicose. Portanto, não há um consenso sobre qual programa de treinamento promove maiores efeitos benéficos no controle glicêmico de indivíduos com diabetes tipo II.

Entretanto, estudos que incluíram o teste de hemoglobina glicada e glicemia de jejum demonstram uma maior confiabilidade, devido sua importância como indicadores de resistência à insulina e valores médios de concentração de glicose em um período maior.

Os resultados apontam que uma intervenção que combine exercício físico e uma dieta para perda de peso apresentam uma maior eficácia na homeostase de glicose, especialmente em indivíduos em risco de desenvolver diabetes tipo II; já em indivíduos diagnosticados, junto com uma intervenção de exercício e dieta, demonstram a necessidade da manutenção de medicamentos antidiabéticos.

Visto que a diabetes mellitus tipo II acomete principalmente indivíduos idosos, a maioria das produções utilizaram essa população como amostra, sendo observado como resultado secundário a melhoria da capacidade funcional nesses indivíduos.

Foi observado que diversos fatores biológicos podem influenciar os resultados de estudos que objetivam investigar os efeitos do exercício físico sobre o controle glicêmico, como: gênero, idade, raça e aptidão física; e que apesar de que os benefícios do exercício físico estarem estabelecidos na população idosa, a análise dos estudos sugere que uma intervenção individualizada possa promover maiores efeitos benéficos sobre o controle da glicemia.

Portanto, preocupar-se apenas sobre qual programa de treinamento ideal não é suficiente; é necessário o desenvolvimento de estratégias seguras para a prática de exercício físico por indivíduos com diabetes tipo II, as quais envolvem: o monitoramento regular da glicemia, o tipo de medicação utilizada, a dieta, a intensidade, a frequência, o volume, entre outros; que possam promover maiores resultados na saúde e qualidade de vida.

Por fim, a hipótese de que a utilização do exercício físico sozinho como uma opção terapêutica sem a necessidade do uso de medicamentos por indivíduos com diabetes tipo II não pode ser confirmado, pois não foi possível identificar quanto dos efeitos na homeostase de glicose provem do exercício físico. Desse modo, estudos futuros são necessários para identificar a possibilidade de uma intervenção somente com exercício físico sobre a homeostase de glicose em indivíduos com diabetes tipo II, atentando-se para os devidos cuidados e riscos do desenvolvimento e progressão de outras comorbidades.

## REFERÊNCIAS

- ARTIOLI, Dérrick Patrick; SÁ FILHO, Dercy José. **Efeitos da atividade física terapêutica sobre o perfil glicêmico, composição corpórea e capacidade física funcional em diabéticos tipo II.** ConScientiae Saúde, 2016.
- ALVIM, Rafael *et al.* **General aspects of muscle glucose uptake.** In: Anais da Academia Brasileira de Ciências, 2015. Versão online.
- ARSA, Gisela *et al.* **Diabetes Mellitus tipo 2: aspectos fisiológicos, genéticos e formas de exercício físico para seu controle.** Revista Brasileira Cineantropometria e Desenvolvimento Humano, 2009.
- American Diabetes Association. Disponível em: <<https://www.diabetes.org/diabetes/a1c/diagnosis>>. Acesso em: 24 fev. 2022.
- BRELLENTHIN, Angélique *et al.* **Resistance exercise, alone and in combination with aerobic exercise, and obesity in Dallas, Texas, US: A prospective cohort study.** 2021. PLOS Medicine | <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003687>.
- Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise em Saúde e Vigilância de Doenças Não Transmissíveis. **Plano de Ações Estratégicas para o Enfrentamento das Doenças Crônicas e Agravos não Transmissíveis no Brasil 2021-2030** [recurso eletrônico] – Brasília: Ministério da Saúde, 2021. World sWide Web: [http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano\\_enfrentamento\\_doencas\\_cronicas\\_agravos\\_2021\\_2030.pdf](http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_enfrentamento_doencas_cronicas_agravos_2021_2030.pdf)
- BARRETO, Ricardo; CORREIA, Carlos Roque; MUSCARÁ, Marcelo. **Óxido nítrico: propriedades e potenciais usos terapêuticos.** Quim. Nova, Vol. 28, Nº. 6, 1046-1054, 2005.
- Brasil. Sociedade Brasileira de Diabetes. Disponível em: <<https://profissional.diabetes.org.br/x-atlas-da-international-diabetes-federation/>>. Acesso em: 24 dez. 2021.
- CARVALHEIRA, José; ZECCHIN, Henrique; SAAD, Mario. **Vias de Sinalização da Insulina.** Arq. Bras. Endocrinol. Metab. Vol. 46 nº 4 - agosto, 2002.
- CASSIDY, Sophie *et al.* **High intensity intermittent exercise improves cardiac structure and function and reduces liver fat in patients with type 2 diabetes: a randomised controlled trial.** Diabetologia (2016) 59:56–66.
- CHIANG, Shang-Lin *et al.* **Effects of a 12-week moderate-intensity exercise training on blood glucose response in patients with type 2 diabetes.** Medicine (2019) 98:36.
- FERREIRA NETA, Jacy Souto Maior *et al.* **Hipoglicemia em diabéticos tipo 2 praticantes de exercício físico.** ConScientiae Saúde, 2017;16(1):58-64.

FERREIRA, Susana América *et al.* **Influência dos treinamentos aeróbio e resistido sobre os parâmetros metabólicos e cardiovasculares de mulheres idosas.** Pensar a Prática, Goiânia, v. 20, n. 2, abr./jun. 2017.

FLECK, Steven; KRAEMER, Willian. **Fundamentos do treinamento de força muscular.** In: FLECK, Steven; KRAEMER, Willian. **Capítulo 1: Princípios Básicos do Treinamento Resistido e Prescrição de Exercícios.** Tradução: Jerri Luis Ribeiro, Regina Machado Garcez; revisão técnica: Ronei Silveira Pinto, Matheus Daros Pinto. 4ª Ed. Porto alegre: editora Artmed, 2017.

FLECK, Steven; KRAEMER, Willian. **Fundamentos do treinamento de força muscular.** In: FLECK, Steven; KRAEMER, Willian. **Capítulo 3: Adaptações Fisiológicas ao Treinamento Resistido.** Tradução: Jerri Luis Ribeiro, Regina Machado Garcez; revisão técnica: Ronei Silveira Pinto, Matheus Daros Pinto. 4ª Ed. Porto alegre: editora Artmed, 2017.

FLECK, Steven; KRAEMER, Willian. **Fundamentos do treinamento de força muscular.** In: FLECK, Steven; KRAEMER, Willian. **Capítulo 6: Sistemas e Técnicas do Treinamento Resistido.** Tradução: Jerri Luis Ribeiro, Regina Machado Garcez; revisão técnica: Ronei Silveira Pinto, Matheus Daros Pinto. 4ª Ed. Porto alegre: editora Artmed, 2017.

GOUVEIA, Silas da Silva; LIMA, Adeânio Almeida. **Relação entre espécies reativas de oxigênio e a promoção carcinogênica.** Braz. J. Surg. Clin. Res. V.20, n.2,pp.174-179 (Set - Nov 2017).

HEUBEL, Alessandro Domingues *et al.* **Multicomponent training to improve the functional fitness and glycemic control of seniors with type 2 diabetes.** J. Phys. Educ. v. 29, e2922, 2018.

International Diabetes Federation. Disponível em: <<https://www.idf.org/aboutdiabetes/what-is-diabetes/facts-figures.html>>. Acesso em: 24 Dez. 2021.

KOLCHRAIBER, Flávia Cristian *et al.* **Nível de atividade física em pessoas com diabetes mellitus tipo 2.** Rer. Cuid. 2018; 9(2): 2105-16.

KANALEY, Jill *et al.* **Exercise/Physical Activity in Individuals with Type 2 Diabetes: A Consensus Statement from the American College of Sports Medicine.** 2021. Official Journal of the American College of Sports Medicine. DOI: 10.1249/MSS.0000000000002800.

MADSEN, Soren Moller *et al.* **High Intensity Interval Training Improves Glycaemic Control and Pancreatic  $\beta$  Cell Function of Type 2 Diabetes Patients.** 2015. PLOS ONE | DOI:10.1371/journal.pone.0133286.

OLVER, Dylan; LAUGHLIN, Harold. **Endurance, interval sprint, and resistance exercise training: impact on microvascular dysfunction in type 2 diabetes.** Journals.physiology.org/journal/ajpheart, 2015.

OPPERT, Jean-Michel *et al.* **Exercise training in the management of overweight and obesity in adults: Synthesis of the evidence and recommendations from the European Association for the Study of Obesity Physical Activity Working Group.** Obesity Reviews. 2021; e13273. <https://doi.org/10.1111/obr.13273>.

PITANGA, Francisco José Gondim. **Epidemiologia da atividade física, do exercício e da saúde**. In: PITANGA, Francisco José Gondim. **Capítulo 1: Conceitos e Definições**. 3ª Ed. Revisada e ampliada. São Paulo: Phorte editora, 2010.

PITANGA, Francisco José Gondim. **Epidemiologia da atividade física, do exercício e da saúde**. In: PITANGA, Francisco José Gondim. **Capítulo 2: Epidemiologia Aplicada à Atividade Física**. 3ª Ed. Revisada e ampliada. São Paulo: Phorte editora, 2010.

PITANGA, Francisco José Gondim. **Epidemiologia da atividade física, do exercício e da saúde**. In: PITANGA, Francisco José Gondim. **Capítulo 3: Aderência aos Programas de Atividade Física e Saúde Pública**. 3ª Ed. Revisada e ampliada. São Paulo: Phorte editora, 2010.

PITANGA, Francisco José Gondim. **Epidemiologia da atividade física, do exercício e da saúde**. In: PITANGA, Francisco José Gondim. **Capítulo 8: Atividade Física, Exercício Físico e Dimensão Fisiológica da Aptidão Física Relacionada à Saúde**. 3ª Ed. Revisada e ampliada. São Paulo: Phorte editora, 2010.

SILVA, Carlos; LIMA, Walter. **Efeito Benéfico do Exercício Físico no Controle Metabólico do Diabetes Mellitus Tipo 2 à Curto Prazo**. Arq. Bras. Endocrinol. Metab. Vol. 46 n° 5 outubro 2002.

SILVA, Alexandre de Souza; LACERDA, Fábio Vieira; MOTA, Maria Paula Gonçalves. **Efeito do treinamento aeróbico nos níveis de homocisteína em indivíduos diabéticos do tipo 2**. Revista Brasileira de Medicina e Esporte – Vol. 21, Nº 4 – jul./ago. 2015.

SILVA, Carlos Alberto *et al.* **Effect of high-intensity exercise on endothelial function in patients with T2DM**. Rev. Bras. Med. Esporte – Vol. 22, Nº 2 – Mar/Abr, 2016.

SÁNCHEZ, Javier Parra *et al.* **Evaluación de un programa de ejercicio físico supervisado en pacientes sedentarios mayores de 65 años con diabetes mellitus tipo 2**. Aten. Primaria. 2015;47(9):555-562.

SLENTZ, Cris *et al.* **Effects of exercise training alone vs a combined exercise and nutritional lifestyle intervention on glucose homeostasis in prediabetic individuals: a randomised controlled trial**. Diabetologia. Author manuscript; available in PMC 2017 October 01.

VENTURA, Paulo Roberto Veloso *et al.* **METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA: um olhar a partir de pesquisadores da Educação Física**. 2015.

WANG, Weilin; HUANG, Mengchun; WANG, Junrong. **The effect of physical exercise on blood sugar control in diabetic patients**. Rev Bras Med Esporte – Vol. 27, Nº 3 – July/Aug/Sept, 2021.

World Health Organization. Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour. Disponível em: <<https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128>>. Acesso em: 26 Dez. 21.

YAMALANCHI, Swaytha *et al.* **The Relationship of Fasting Hyperglycemia to Changes In Fat and Muscle Mass After Exercise Training in Type 2 Diabetes.** *Diabetes Res. Clin. Pract.* Author manuscript; available in PMC 2017 December 01.