

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

Rodrigo Sudatti Delevatti

**EFEITOS DE DOIS MODELOS DE TREINAMENTO AERÓBICO REALIZADOS
EM DIFERENTES MEIOS SOBRE PARÂMETROS CARDIORRESPIRATÓRIOS,
HORMONAIS E METABÓLICOS DE PACIENTES COM DIABETES MELLITUS
TIPO 2 – UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO**

Porto Alegre

2013

Rodrigo Sudatti Delevatti

**EFEITOS DE DOIS MODELOS DE TREINAMENTO AERÓBICO REALIZADOS
EM DIFERENTES MEIOS SOBRE PARÂMETROS CARDIORRESPIRATÓRIOS,
HORMONAIS E METABÓLICOS DE PACIENTES COM DIABETES MELLITUS
TIPO 2 – UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruel

Co-orientadora: Prof. Dra: Beatriz D'Agord Schaan

Porto Alegre

2013

Nome: DELEVATTI, Rodrigo Sudatti

Título: Efeitos de dois modelos de treinamento aeróbico realizados em diferentes meios sobre parâmetros cardiorrespiratórios, hormonais e metabólicos de pacientes com diabetes mellitus tipo 2 – um ensaio clínico randomizado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para obtenção do título de Mestre.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alexandre Simões Dias

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Daniel Umpierre de Moraes

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dra. Stephanie Santana Pinto

Instituição: Universidade Federal de Pelotas

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a todos treinadores e professores de educação física que ajudaram a consolidar o prazer pelo movimento humano.

Agradeço de forma especial o professor Renan Maximiliano Fernandes Sampedro, por plantar a semente da pesquisa, orientando minha iniciação científica, estimulando a curiosidade e a visão crítica.

Agradeço aos membros da minha banca examinadora, Prof. Dr. Daniel Umpierre, Prof. Dr. Alexandre Simões Dias e Prof^a. Dra. Stephanie Santana Pinto, pelas colaborações em minha dissertação de mestrado desde a qualificação. Agradeço também por serem pessoas tão solícitas a ajudar ao longo deste período.

Agradeço a todos os funcionários do Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, aos funcionários do Centro Natatório, aos funcionários do LAPEX da EsEF-UFRGS e aos funcionários do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, por todo auxílio e compreensão durante a realização dessa pesquisa.

À UFRGS, CAPES e ao HCPA, meu sincero e especial agradecimento.

Agradeço muito à Franciele Figueira, pela ajuda extremamente importante no manejo dos prontuários e do sistema HCPA. Obrigado pela disposição em ajudar sempre que precisei.

Agradeço muito à parceria com a professora Dra. Ionara Siqueira e as pesquisadoras Karine Bertoldi, Arthiese Korb e Gisele Lovatel, que em conjunto com seus colegas e bolsistas estiveram sempre envolvidos de forma intensa em tudo que foi necessário.

Agradeço a todos os pacientes envolvidos no estudo pela paciência e confiança depositada em nosso trabalho.

Agradeço ao Dr. Jorge Pinto Ribeiro (*in memorium*) pelo auxílio extremamente importante na construção do projeto, bem como pelas valiosas orientações que tive em poucos encontros, mas sempre muito produtivos.

Agradeço de forma especial à professora Dra. Beatriz D'Agord Schaan, pela co-orientação durante este período e por ter ajudado efetivamente sempre que precisei.

Um agradecimento de coração ao subgrupo de treinamento físico e diabetes composto pela Luciana, Elisa, Carol e Salime, pois sem essas meninas trabalhando em conjunto seria inviável cumprir com o proposto no projeto. Nesta direção, agradeço a todo o GPAT por ser mais que um grupo de pesquisa, representando uma família que encontrei em Porto Alegre, pois além do crescimento acadêmico, me proporcionaram um suporte de amizade imensurável. Entre seus componentes, presto um especial agradecimento à Tini, por estar

sempre pronta a sanar dúvidas e ser pacienciosa comigo em tudo que precisei. Outro especial agradecimento à colega Ana Carolina Kanitz, por ter sido parceira constante em todas as turbulências nesses dois anos de mestrado.

Esta união e força do GPAT são reflexos do perfil de seu coordenador, Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Krueel, a quem eu devo um agradecimento pela oportunidade de mostrar meu trabalho, juntamente com a confiança, amizade, orientação e direcionamento acadêmico ao longo destes dois anos.

Agradeço a meus familiares, especialmente meu pai e minha mãe, que oportunizaram a realização deste sonho, sendo um suporte financeiro e principalmente afetivo, me apoiando em tudo que idealizei.

Com enorme gratidão por formarem minha família, agradeço muito às minhas duas mulheres, Vanessa Ferreira, companheira para todos os momentos, compreendendo e incentivando meus esforços de maneira louvável e à minha mais nova princesa Carolina, que me faz correr sem cansar em busca de novos ideais.

Finalmente, agradeço muito a Deus por nunca me deixar sozinho e por ter colocado todas essas pessoas em minha trajetória.

RESUMO

Objetivo: Analisar os efeitos crônicos de dois modelos de treinamento aeróbico realizados em ambiente aquático e terrestre sobre parâmetros cardiorrespiratórios, funcionais, metabólicos, hormonais e de qualidade de vida em pacientes com diabetes mellitus tipo 2 (DMT2).

Materiais e métodos: Pacientes com DMT2 foram randomizados em um grupo de treinamento aeróbico aquático (n = 11) ou um grupo de treinamento aeróbico terrestre (n = 10). Ambos os programas apresentaram uma periodização de treinamento similar, diferindo basicamente no meio em que foram realizados. Estes programas tiveram duração de 12 semanas, sendo adotado o método intervalado, com intensidades variando entre 85 e 100% do segundo limiar ventilatório (LV2) e duração total das sessões de 45 minutos. Foram avaliados parâmetros cardiorrespiratórios, funcionais, bioquímicos e de qualidade de vida, todos nos momentos pré e pós-treinamento. Os dados foram descritos pelos valores de média e desvio-padrão. A comparação das variáveis dependentes entre grupos no momento pré-intervenção foi realizada através do teste t de Student para amostras independentes ou através do teste de qui-quadrado. A análise de variância de medidas repetidas com fator grupo foi usada para comparações entre os diferentes momentos em ambos os grupos, adotando-se um nível de significância (α) de 0,05.

Resultados: As intervenções propostas resultaram em um aumento do percentual do consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório - $\%VO_{2LV2}$ ($p = 0,032$) e uma redução da frequência cardíaca de repouso - FC_{rep} ($p = 0,011$) em ambos os grupos, não alterando significativamente as variáveis cardiorrespiratórias consumo de oxigênio de pico (VO_{2pico}), consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório (VO_{2LV2}), pressão arterial sistólica (PAS) e pressão arterial diastólica (PAD). A mobilidade funcional também melhorou em ambos os grupos, pois estes diminuíram seus tempos médios de realização do *Timed Up and Go test* em velocidade habitual ($p = 0,019$) e máxima ($p = 0,014$). Analisando os desfechos glicêmicos, ambos os grupos apresentaram uma redução significativa nos níveis de hemoglobina glicada - HbA1c ($p = 0,035$) e não sofreram alterações significativas nos níveis de glicemia de jejum (GJ) e glicemia pós-prandial (GPP) após as intervenções propostas. Este comportamento foi encontrado também na análise dos valores de insulina de jejum (IJ) e resistência a insulina (HOMA-IR), que apresentaram apenas diferença entre os grupos (IJ, $p = 0,039$ e HOMA-IR, $p = 0,032$). No perfil lipídico, apenas os valores de triglicerídeos (TG) não demonstraram alterações após o treinamento, tendo ocorrido redução significativa nos níveis de colesterol total - CT ($p = 0,054$), lipoproteína de alta densidade - HDL ($p < 0,001$) e lipoproteína de baixa densidade - LDL ($p = 0,034$). O mesmo comportamento ocorreu na atividade da renina plasmática - ARP ($p = 0,035$) e nos níveis de proteína C-reativa ultra-sensível - PCRus ($p = 0,001$). Ambos os grupos também apresentaram melhora significativa após o período de treinamento na qualidade de vida relacionada aos domínios físico ($p = 0,019$) e psicológico ($p = 0,027$), sem alterações significativas na qualidade de vida geral e nos demais domínios analisados.

Conclusões: O treinamento aeróbico proposto ocasionou benéficos efeitos no $\%VO_{2LV2}$, na FC_{rep} , em parâmetros funcionais, no controle glicêmico, nos níveis de CT e LDL, na inflamação sistêmica, na ARP e na qualidade de vida relacionada aos domínios físico e psicológico, independente do meio em que foi realizado. No entanto, mostrou-se inespecífico para melhorar os níveis de HDL e não impactou significativamente a maioria dos parâmetros cardiorrespiratórios, assim como os níveis insulinêmicos e a qualidade de vida geral e nos domínios ambiental e relações sociais.

Palavras-chave: exercícios aquáticos, corrida em piscina funda, diabetes, glicemia, inflamação.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PROGRAMA DE PÓSGRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

Autor: Rodrigo Sudatti Delevatti

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruel.

Co-orientadora: Prof. Dra: Beatriz D'Agord Schaan

Título da dissertação: Efeitos de dois modelos de treinamento aeróbico realizados em diferentes meios sobre parâmetros cardiorrespiratórios, hormonais e metabólicos de pacientes com diabetes mellitus tipo 2 – um ensaio clínico randomizado.

Porto Alegre, 2013.

ABSTRACT

Aim: To analyse the chronic effects of two aerobic-training models performed in water and on dry land on cardiorespiratory, functional, metabolic, hormonal and quality-of-life parameters in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM).

Materials and methods: Patients with T2DM were randomized to a group of aquatic aerobic training (n = 11) or a group of aerobic training on land (n = 10). Both programs had similar training periodization, with training environment being the main difference between them. The training programs had a duration of 12 weeks and adopted the interval-training method, with intensities ranging between 85 and 100% of second ventilatory threshold (VT₂) and total duration of 45 minute per session. We assessed cardiorespiratory, functional, biochemical and quality-of-life parameters before and after the intervention. Data were described by mean and standard deviation. Comparisons between groups in the pre-intervention were performed using the Student t test for independent samples variables and the chi-square test. The repeated-measures analysis of variance with group as a factor was used for comparisons between pre- and post-training values. A significance level (α) of 0.05 was adopted for all analyses.

Results: The proposed interventions caused an increase in percentage of oxygen consumption at second ventilatory threshold - %VO_{2VT₂} ($p = 0.032$) and a reduction in rest heart rate - HR ($p = 0.011$) in both groups, while no significant alterations were found in the cardiorespiratory variables peak oxygen consumption (VO_{2peak}), oxygen consumption at second ventilatory threshold (VO_{2VT₂}), systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP). Functional mobility was also improved in both groups, since average time for completing the Timed up and Go test in usual ($p = 0.019$) and maximal ($p = 0.014$) speed was decreased. Regarding the glycemic outcomes, both groups showed a significant reduction in glycated hemoglobin levels - HbA_{1c} ($p = 0.035$) and no significant changes in the levels of fasting glucose (FG) and postprandial glucose (PPG) after the interventions. The values of fasting insulin (FI) and insulin resistance (HOMA-IR) showed differences only between the groups (FI, $p = 0.039$ and HOMA-IR, $p = 0.032$). Considering lipid profile variables, only triglycerides (TG) showed no change after training, with total cholesterol level - TC ($p = 0.054$), high density lipoprotein - HDL ($p < 0.001$) and low density lipoprotein - LDL ($p = 0.034$) being significantly reduced. The same pattern was observed for the plasmatic rennin activity - PRA ($p = 0.035$) and high-sensitivity C-reactive protein - CRP levels ($p = 0.001$). Both groups also showed a significant improvement in quality of life related to the physical ($p = 0.019$) and psychological ($p = 0.027$) domains in response to the intervention, although there were no significant changes in overall quality of life and in the other domains analyzed.

Conclusions: The proposed aerobic training programs elicited beneficial effects in %VO_{2VT₂}, rest HR, functional parameters, glycemic control, levels of TC and LDL, systemic inflammation, PRA and quality of life related to physical and psychological domains. These benefits did not depend on training environment. Nevertheless, this training method appears to be nonspecific for improvements in HDL levels and did not affect significantly the majority of cardiorespiratory parameters, as well as insulin levels, overall quality of life and quality of life in environmental and social relations.

Keywords: aquatic exercises, deep water running, diabetes, blood glucose, inflammation.

FEDERAL UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO SUL

POST-GRADUATION PROGRAM ON HUMAN MOVEMENT SCIENCES

Author: Rodrigo Sudatti Delevatti

Advisor : Dr. Luiz Fernando Martins Krueel.

Co-advisor: Dra: Beatriz D'Agord Schaan

Title: Effects of two models of aerobic training performed in different environments on cardiorespiratory, hormonal and metabolic parameters in patients with type 2 diabetes mellitus - a randomized clinical trial.

Porto Alegre, 2013.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma representativo do delineamento experimental.....	49
Figura 2: Teste máximo em esteira ergométrica.....	55
Figura 3: Teste máximo em piscina funda.....	56
Figura 4: Processo de inclusão dos pacientes.....	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Respostas ao treinamento aeróbico terrestre em pacientes com DMT2.....	34
Quadro 2: Respostas bioquímicas ao treinamento aquático	42
Quadro 3: Respostas ao treinamento aquático em pacientes com DMT2.....	44
Quadro 4: Cronograma das avaliações e do período de treinamento.....	52
Quadro 5: Periodização de 12 semanas do treinamento de corrida em piscina funda.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização da amostra.	64
Tabela 2: Características dos pacientes nas variáveis cardiorrespiratórias, funcionais, bioquímicas e de qualidade de vida antes do treinamento.	65
Tabela 3: Variáveis de controle alimentar através de registros alimentares de 3 dias para o grupo de treinamento aquático (GTA) e o grupo de treinamento terrestre (GTT) antes e após o período de treinamento.....	66
Tabela 4: Variáveis cardiorrespiratórias e funcionais para o grupo de treinamento aquático (GTA) e o grupo de treinamento terrestre (GTT) antes e após o período de treinamento.	67
Tabela 5: Variáveis bioquímicas para o grupo de treinamento aquático (GTA) e o grupo de treinamento terrestre (GTT) antes e após o período de treinamento.	68
Tabela 6: Escores de qualidade de vida geral e nos domínios físico, psicológico, relações sociais e ambiental para o grupo de treinamento aquático (GTA) e o grupo de treinamento terrestre (GTT) antes e após o período de treinamento.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

DM: Diabetes mellitus

ADA: *American Diabetes Association*

AHA: *American Heart Association*

DMT1: Diabetes mellitus tipo 1

DMT2: Diabetes mellitus tipo 2

SRA: Sistema renina angiotensina

Ang II: Angiotensina II

ECA: Enzima de conversão de angiotensina

HbA1c: Hemoglobina glicada

ACTH: Hormônio adenocorticotrófico

ADH: Hormônio antidiurético

ARP: Atividade da renina plasmática

GLUT 4: *Glucose transporter type 4*

IR: Receptor de insulina

IRS-1: Substrato do receptor de insulina tipo 1

IRS-2: Substrato do receptor de insulina tipo 2

PI3-q: Fosfatidilinositol-3-quinase

AMP: Adenosina monofosfato

ATP: Adenosina trifosfato

AMPK: Proteína quinase ativada por AMP

LV₂: Segundo limiar ventilatório

VO₂: Consumo de oxigênio

VO_{2pico}: Consumo de oxigênio de pico

VO_{2máx}: Máximo consumo de oxigênio

VO_{2LAn}: Consumo de oxigênio no limiar anaeróbico

VO_{2LV2}: Consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório

CO₂: Dióxido de carbono

VE: Ventilação

Ve/VO₂: Equivalente ventilatório de oxigênio

Ve/VCO₂: Equivalente ventilatório de dióxido de carbono

RER: Respiratory exchange ratio

FC: Frequência cardíaca

FC_{pico}: Frequência cardíaca de pico
FC_{máx}: Frequência cardíaca máxima
FC_{rep}: Frequência cardíaca de repouso
FC_{res}: Frequência cardíaca de reserva
FC_{LV2}: Frequência cardíaca no segundo limiar ventilatório
PDFC: Ponto de deflexão da frequência cardíaca
bpm: Batimentos por minuto
AERO: aeróbico
FOR: força
COMBI: combinado
rep: repetições
RM: repetições máximas
1RM: 1 repetição máxima
↓: diminuição
↑: aumento
METS: equivalente metabólico
EST: Estatura
MC: Massa corporal
IMC: índice de massa corporal
%G: Percentual de gordura corporal estimado
PA: Pressão arterial
PAS: Pressão arterial sistólica
PAD: pressão arterial diastólica
TUG: *Time up and Go*
CT: colesterol total
TG: triglicerídeos
LDL: lipoproteína de baixa densidade
HDL: lipoproteína de alta densidade
GJ: Glicemia de jejum
GPP: Glicemia pós-prandial
IJ: Insulina de jejum
HOMA-IR: Resistência à insulina
TTOG – Teste de tolerância oral a glicose
HOMA-IR: Modelo de avaliação homeostática da resistência a insulina

PCRus: Proteína C-reativa ultra-sensível
x/sem: sessões semanais
mm: milímetro
m: metro
Km: quilômetro
Dl: decilitro
ml: mililitro
L: litro
pg: picograma
ng: nanograma
mg: miligrama
kg: quilograma
mmol: millimoles
uU: unidades
min: minutos
kcal: quilocalorias
h: hora
Hg: Mercúrio
PI: profundidade de imersão
TA: temperatura da água
IEP: Índice de esforço percebido
RPE: *Rating perceived of exertion*
IC: insuficiência cardíaca
DAC: Doença arterial coronariana
DCV: Doença cardiovascular
TFG: Taxa de filtração glomerular
MDRD: *Modification of Diet in Renal Disease*
HCPA: Hospital de Clínicas de Porto Alegre
LAPEX: Laboratório de Pesquisa do Exercício
EsEF: Escola de Educação Física
UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul
ANOVA: Análise de variância
GTA: Grupo de treinamento aquático
GTT: Grupo de treinamento terrestre

GC: grupo controle

G3: grupo que treina 3 x/sem

G5: grupo que treina 5 x/sem

EVA: Espuma Vinílica Acetinada

MAPA: Monitorização ambulatorial da pressão arterial

EDTA: *Ethylenediamine tetraacetic acid*

HPLC: *High Performance/Pressure Liquide Chromatography*

CNS: Conselho Nacional de Saúde

ARA: Antagonista do receptor de angiotensina

IL-6: Interleucina 6

TNF- α : Fator de necrose tumoral

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	119
1.1. O problema e sua importância	19
1.2. OBJETIVOS	23
1.2.1. OBJETIVO GERAL	23
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	233
2. REVISÃO DE LITERATURA	25
2.1. Treinamento físico e diabetes mellitus	25
2.2. Treinamento físico e diabetes mellitus tipo 2	26
2.3. Respostas ao treinamento físico terrestre em pacientes com DMT2	30
2.4. Treinamento aquático – caminhada e corrida em piscina funda	36
2.5. Treinamento em meio aquático – particularidades fisiológicas	388
2.6. Imersão, regulação hormonal, sistema renina-angiotensina e sinalização insulínica	39
2.7. Respostas bioquímicas ao treinamento aquático	41
2.8. Respostas ao treinamento aquático em pacientes com DMT2	43
3. MATERIAIS E MÉTODOS	45
3.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	45
3.2. POPULAÇÃO E AMOSTRA	45
3.2.1. População.....	45
3.2.2. Amostra	45
3.3. VARIÁVEIS DE ESTUDO	47
3.3.1. Variáveis Dependentes	47
3.3.2. Variáveis independentes	48
3.3.3. Variáveis de controle.....	48
3.3.4. Variáveis de caracterização da amostra.....	48
3.4. PROCEDIMENTOS PARA COLETA DOS DADOS	49
3.5. TRATAMENTO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES	51
3.5.1. Treinamento aeróbico em piscina funda.....	51
3.5.2. Treinamento aeróbico terrestre	53
3.6. INSTRUMENTOS DE MEDIDAS E PROTOCOLOS DE COLETAS	53
3.6.1. Testes de composição corporal	53
3.6.2. Teste para mensuração do consumo de oxigênio de pico ($VO_{2\text{pico}}$) e consumo de oxigênio no 2º limiar ventilatório (VO_{2LV2}).....	54

3.6.3. Teste máximo de corrida em piscina funda	56
3.6.4. Medidas cardiorrespiratórias (FC e PA) de repouso	57
3.6.5. Medidas bioquímicas (Coletas e análises sanguíneas).....	58
3.6.6. Qualidade de vida.....	59
3.6.7. Teste para mensuração da mobilidade funcional (Timed Up-and-Go - TUG).....	59
3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA	60
3.8. ASPECTOS ÉTICOS	61
4. RESULTADOS	62
4.1. Fluxo dos participantes	63
4.2. Homogeneidade e normalidade dos dados.....	63
4.3. Caracterização da amostra e frequência de treinamento	63
4.4. Características cardiorrespiratórias, funcionais, bioquímicas e de qualidade de vida no momento pré-intervenção	64
4.5. Variáveis referentes ao controle alimentar.....	65
4.6. Variáveis cardiorrespiratórias e funcionais	66
4.7. Variáveis bioquímicas	67
4.8 Variáveis de qualidade de vida	69
5. DISCUSSÃO	70
5.1. Aderência ao treinamento	71
5.2. Variáveis cardiorrespiratórias.....	71
5.3. Variáveis funcionais	76
5.4. Controle glicêmico	78
5.5. Insulina de jejum e resistência a insulina (HOMA-IR).....	81
5.6. Perfil lipídico	82
5.7. Sistema renina angiotensina – ARP	85
5.8. Proteína C-reativa ultra-sensível (PCRus)	87
5.9. Qualidade de vida.....	88
6. CONCLUSÃO	90
7. APLICAÇÕES PRÁTICAS	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
APÊNDICES	113
ANEXOS.....	129

1. INTRODUÇÃO

1.1. O problema e sua importância

O diabetes mellitus (DM) é uma desordem endócrina crônico-degenerativa de múltipla etiologia, decorrente de fatores genéticos e ambientais (CAMBRI et al. 2007; GEIRSDOTTIR et al. 2012) tendo como principal característica o nível elevado de glicose sanguínea (hiperglicemia). Este estado hiperglicêmico pode ser decorrente da incapacidade da insulina agir efetivamente nos seus tecidos alvos ou pela falta de produção da mesma (VANCINI e LIRA, 2004). A doença requer dos pacientes um contínuo cuidado em seu manejo, a fim de prevenir as complicações agudas e reduzir o risco de desenvolvimento das complicações crônicas (*AMERICAN DIABETES ASSOCIATION - ADA*, 2012). Dentre essas complicações, podemos colocar danos, disfunções e até mesmo falência de diversos tecidos do organismo, como o tecido renal, muscular, ósseo, nervoso e cardiovascular (BOULÉ et al. 2001). Estas complicações estão associadas à hiperglicemia, sendo a manutenção de níveis glicêmicos em uma faixa adequada o principal objetivo no tratamento do DM. Porém, o manejo de pacientes diabéticos é complexo e vai além do controle glicêmico. Para isso, cresce constantemente um corpo de evidências propondo diferentes intervenções com objetivos de melhorar o quadro clínico de pacientes diabéticos (ADA, 2012).

A doença manifesta-se basicamente em duas formas principais, o diabetes mellitus tipo 1 (DMT1) e o diabetes mellitus tipo 2 (DMT2). O DMT1 é caracterizado como doença autoimune, na qual existe uma destruição das células beta nas ilhotas pancreáticas. Já o DMT2 caracteriza-se como uma complexa doença metabólica marcada pela resistência a insulina, hiperglicemia e disfunção vascular (ROQUE et al. 2013), na qual existe um progresso desse estágio de resistência a insulina nos tecidos periféricos até a disfunção das células beta, levando a redução no tamanho das ilhotas pancreáticas e na produção insulínica (GRANT e DIXIT, 2013). O DMT2 é a forma mais comum da doença, sendo a grande responsável pelo aumento exponencial da prevalência de diabetes no mundo, tornando-se uma epidemia generalizada (COLBERG et al. 2010) e aumentando significativamente a morbidade e mortalidade mundial (SHERWIN & JASTREBOFF, 2012). Estimava-se para o ano de 2030 um número de 366 milhões de pacientes com DMT2 (ARSA et al. 2009). Porém este número foi alcançado já em 2011 e uma nova estimativa foi feita para 2030, chegando ao número assustador de 552 milhões de pessoas (WHITING et al. 2011). O ano de 2012 chegou a ser colocado como o ano do diabetes, chamado inclusive de “*Tsunami*”, em analogia ao

fenômeno avassalador da natureza, tão expressivo é o impacto desta doença na humanidade (SHERWIN & JASTREBOFF, 2012).

Um dos componentes-chave para este aumento na prevalência do DMT2 é a redução dos níveis de atividade física, juntamente com aumento da expectativa de vida, da prevalência de obesidade e do processo de urbanização atual (SHAW et al. 2010). A inatividade física é considerada um fator de risco para o desenvolvimento do DMT2 e suas complicações (SULLIVAN et al. 2005), enquanto níveis apropriados de atividade física associam-se à menor risco de mortalidade cardiovascular e por todas as causas (HU et al. 2005). De acordo, Reusch et al. (2013) colocam que pacientes com DMT2 são tipicamente sedentários e com sobrepeso. Além da inatividade física, os quadros clínicos de DMT2 estão frequentemente associados a outros fatores de risco cardiovascular, como obesidade, dislipidemia e hipertensão (ROQUE et al. 2013). Entre os aspectos em comum nessas condições patológicas, destaca-se a alta ativação do sistema renina-angiotensina (SRA). Esta maior atividade do SRA tem sido associada às doenças crônicas relacionadas à obesidade, com uma estabelecida relação com o desenvolvimento do DMT2, inclusive sendo considerado o maior determinante de doenças cardiovasculares (GOOSSENS et al. 2012).

A ação negativa da alta ativação do SRA no controle glicêmico ocorre de duas maneiras, prejudicando a secreção de insulina e a sensibilidade tecidual a este hormônio. Em estudo com modelo experimental animal, a angiotensina II (Ang II) provocou redução do fluxo sanguíneo nas ilhotas pancreáticas, o que pode conduzir a uma redução na liberação de insulina pelas células beta (CARLSSON, 2001), enquanto o bloqueio do SRA melhorou o fluxo sanguíneo pancreático (KAMPF et al. 2005). Assim, acredita-se que o SRA afeta diretamente a funcionalidade das células beta (GOOSSENS et al. 2012). Existe também um efeito modulador negativo da Ang II sobre a ação insulínica (CARVALHO-FILHO et al. 2007). O responsável por essa modulação é a Ang II, principal efector do SRA, que desempenha um papel fundamental no desenvolvimento da resistência a insulina (NATALI e FERRANNINI, 2004). Isso acontece porque a Ang II realiza um bloqueio da via IRS, PI-3 quinase/Akt. Sendo assim, agentes que inibem a ação da Ang II, como por exemplo, inibidores da cininase 2 ou enzima de conversão de angiotensina (ECA) e bloqueadores do seu receptor AT1 levam ao aumento da sensibilidade a insulina (SCHEEN, 2004). Isto é visto tanto em modelos animais como em humanos (KASPER et al. 2006).

Compreendendo estes mecanismos associativos entre SRA e DMT2, compreende-se que a supressão deste sistema, assim como a redução de níveis inflamatórios, são alvos terapêuticos no tratamento do DMT2, que segundo Colberg et al. (2012) busca

prioritariamente um ótimo controle glicêmico, lipídico e pressórico, para que ocorra a prevenção ou atraso das complicações associadas à doença.

Em relação à terapêutica do DMT2, pode-se considerá-la uma associação entre exercício físico, dieta e medicação, sendo estes métodos de tratamento conhecidos como as três pedras angulares na terapêutica diabética (BOULÉ et al. 2001; BAO et al. 2009; UMPIERRE et al. 2011). Benefícios no controle glicêmico de pacientes com DMT2 tem sido encontrados em resposta a diferentes modalidades de treinamento físico (UMPIERRE et al. 2011), podendo ser encontradas contribuições positivas em relação aos benefícios dos treinamentos de força, aeróbico e combinado em pacientes com DMT2 (SIGAL et al. 2007; CHURCH et al. 2010). Porém o treinamento aeróbico é o modo tradicionalmente prescrito para o manejo da doença, sendo capaz de melhorar a sensibilidade a insulina já a partir de uma semana de sua aplicação (COLBERG et al. 2010).

Ultimamente, a relação das variáveis de treinamento físico com o controle glicêmico vem sendo investigada. Estudo de Umpierre et al. (2013) apresenta uma associação de variáveis como frequência semanal, duração, volume e intensidade de treinamento com modificações na hemoglobina glicada (HbA1c). Porém, o meio em que o treinamento é realizado (aquático e terrestre) ainda é uma temática pouco discutida na área do exercício físico e diabetes. Esta lacuna pode ser atribuída possivelmente pelo fato da grande maioria dos programas de treinamento aplicados a pacientes com DMT2 ser realizado no meio terrestre. Entretanto, diversos modelos de treinamento podem ser desenvolvidos em meio aquático, com alterações fisiológicas em relação ao meio terrestre que podem ser de grande valia na população em questão. A realização de atividades físicas aquáticas tem sido recomendada para diversas modalidades de exercícios em posição vertical, como hidroginástica, caminhada e corrida em piscina funda, sendo estas recomendadas devido aos benefícios cardiorrespiratórios, metabólicos, na composição corporal e na força muscular de seus praticantes (SILVA & KRUEL, 2008). Porém, as respostas fisiológicas e biomecânicas que ocorrem durante o treinamento físico estando os sujeitos imersos são diferentes daquelas obtidas durante treinamentos em terra firme, pois as propriedades físicas da água alteram algumas destas respostas (ALBERTON et al. 2010), o que tem tornado o treinamento aquático em posição vertical fonte de diversos estudos nas áreas de pesquisas fisiológicas e biomecânicas (ALBERTON et al. 2009).

Nestes exercícios, existe um gradiente de pressão hidrostática sobre a superfície do corpo. Este gradiente induzido pela imersão age nas colunas vasculares corporais exercendo pressão em toda superfície corporal que está imersa, aumentando o retorno venoso e

consequentemente a quantidade de sangue no coração e na vasculatura intratorácica (EPSTEIN, 1976). Com esse maior deslocamento de sangue dos membros inferiores para a região central, ocorre um aumento no volume diastólico final e consequentemente maior volume sistólico. Apesar de existir uma bradicardia que pode ser entendida como compensatória, parece existir aumento no débito cardíaco. Grande parte desse aumento (32-62%) ocorre porque o aumento no volume sistólico predomina em relação à bradicardia, enquanto a pressão arterial média não altera, indicando uma queda da resistência periférica total ao fluxo (PENDERGAST & LUNDGREEN, 2009). Estas alterações são interessantes no tratamento de pacientes diabéticos, pois segundo Golbidi et al. (2012), a doença também pode ser caracterizada como cardiovascular.

Mas as alterações causadas pela redistribuição sanguínea com consequente hipervolemia central vão além das alterações de ordem hemodinâmica, pois o aumento da pressão atrial estimula receptores cardiopulmonares de baixa pressão, causando uma inibição tônica no fluxo de atividade nervosa simpática que controla a circulação sistêmica e a função renal. Dessa forma, ocorre uma redução na liberação de catecolaminas, uma supressão do hormônio adenocorticotrófico (ACTH) plasmático e do sistema renina angiotensina (SRA), principalmente através da supressão da atividade da renina plasmática (ARP) (CORUZZI et al. 1984; RODRIGUES et al. 2011).

Dos exercícios que podem ser realizados em meio aquático e possivelmente proporcionarem a adição destes efeitos, destaca-se a corrida em piscina funda, sendo esta uma alternativa para indivíduos acometidos por dor, problemas de equilíbrio e limitações locomotoras (SHELDAHL et al. 1984). A corrida em piscina funda é um modo popular de condicionamento cardiovascular entre atletas lesionados, assim como para pessoas que desejam realizar treinamento aeróbico estando isentos de impacto. Esta modalidade consiste de corrida simulada em uma piscina funda, estando os indivíduos auxiliados por um dispositivo flutuador (colete ou cinto) que forneça a flutuabilidade suficiente para a manutenção da cabeça acima da superfície da água (NAKANISHI et al. 1999).

Na população diabética, existe uma carência na literatura acerca de como o exercício em meio aquático pode influenciar as diversas respostas decorrentes do treinamento físico. O fato da doença comprometer o sistema cardiovascular de um modo geral e causar também problemas osteoarticulares nos seus acometidos denota uma necessidade de investigação neste tema “Treinamento em meio aquático e diabetes”, pois deve-se ter especial atenção ao treinar-se pacientes diabéticos a fim de minimizar injúrias e ulcerações provocadas pelo impacto direto dos pés com o solo (OLIVEIRA et al. 2012_a). Dessa forma, o treinamento em meio

aquático pode ser considerado benéfico especialmente para pessoas com tolerância limitada a atividades que exigem o suporte da própria massa corporal (BERGAMIN et al. 2012). Na corrida em piscina funda, o estresse articular é nulo, pois os indivíduos se exercitam sem ter contato dos pés com o fundo da piscina, eliminando o impacto (DOWZER & REILLY, 1998). Isto permite que pacientes que possuem problemas articulares e/ou musculares, muito comum, por exemplo, em diabéticos, possam trabalhar em grandes cargas aeróbicas (CHU & RHODES, 2001).

Pelas particularidades que ocorrem no meio aquático, tanto de ordem fisiológica quanto biomecânica, juntamente com a busca cada vez maior do treinamento neste ambiente por pessoas com doenças endócrino-metabólicas, torna-se interessante investigar a aplicação de treinamento em diferentes meios no tratamento do DMT2, pois apesar das relações fisiológicas decorrentes da imersão com o treinamento físico e o DMT2, colocadas anteriormente, faltam estudos elucidando a eficácia do treinamento em meio aquático quando comparado ao treinamento em meio terrestre nos desfechos primários e secundários desta doença. Assim, denota-se a necessidade emergente de uma investigação na qual similares programas de treinamento sejam propostos na população de estudo, diferindo basicamente no meio em que são realizados, visando assim responder o seguinte problema de pesquisa:

Quais os efeitos do meio de treinamento, aquático ou terrestre, sobre parâmetros cardiorrespiratórios, funcionais, hormonais, metabólicos e de qualidade de vida de pacientes com DMT2?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Comparar os efeitos de dois modelos de treinamento aeróbico realizados em meio aquático e terrestre como forma de tratamento de pacientes com DMT2.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os efeitos do treinamento aeróbico em meio aquático sobre parâmetros cardiorrespiratórios, funcionais, glicêmicos, lipídicos, inflamatórios, hormonais e de qualidade de vida em pacientes com DMT2;

- Analisar os efeitos do treinamento aeróbico em meio terrestre sobre parâmetros cardiorrespiratórios, funcionais, glicêmicos, lipídicos, inflamatórios, hormonais e de qualidade de vida em pacientes com DMT2;
- Realizar uma comparação entre os efeitos de um treinamento aeróbico em meio aquático e um treinamento aeróbico em meio terrestre sobre parâmetros cardiorrespiratórios, funcionais, glicêmicos, lipídicos, inflamatórios, hormonais e de qualidade de vida em pacientes com DMT2.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Treinamento físico e diabetes mellitus

O treinamento físico vem sendo utilizado no tratamento do DM, no qual age de maneira única, modulando respostas bioquímicas, fisiológicas e morfológicas. Estas respostas benéficas que o treinamento físico proporciona tem um papel fundamental sobre o controle metabólico e hormonal, tanto em indivíduos saudáveis como em diabéticos (GOMES et al. 2003).

Quando adequadamente prescrito, o treinamento conduz a um melhor condicionamento físico, e este apresenta um efeito benéfico na sensibilidade à insulina. O treinamento físico em geral resulta em perda preferencial de gordura nas regiões centrais do corpo, e parece que esta perda de tecido adiposo visceral está intimamente relacionada com melhor sensibilidade à insulina. Porém, mesmo na ausência de alterações na composição corporal, o exercício é capaz de melhorar a homeostase glicêmica (CASTANEDA et al. 2002). E isto ocorre devido à diferentes mecanismos benéficos e responsivos ao exercício físico.

Dentre as inúmeras respostas do exercício em pacientes diabéticos, a melhora na sensibilidade a insulina é um alvo possível de ser atingido nas diferentes manifestações da doença. Isto deve-se à capacidade que o treinamento tem de aumentar a densidade capilar, a expressão e translocação de *glucose transporter* quatro (GLUT 4) para a membrana plasmática, provocar alterações na composição de fosfolípides do sarcolema, aumentar o número de fibras musculares mais sensíveis a insulina, aumentar a atividade de enzimas glicolíticas, oxidativas e da enzima glicogênio-sintetase (JESSEN & GOODYEAR, 2005).

O exercício físico aumenta a captação de glicose no músculo esquelético por diferentes mecanismos moleculares. Em uma revisão buscando esclarecer os mecanismos pelos quais o exercício físico diminui a resistência a insulina no músculo esquelético, Pauli et al. (2009) reuniram evidências experimentais que demonstraram não ser necessariamente a contração muscular que estimula a fosforilação dos receptores de insulina (IR) e dos seus substratos (IRS-1 e IRS-2) em resíduos de tirosina, ou da enzima chave da via fosfatidilinositol-3-quinase (PI3-q). Um mecanismo de transporte de glicose no músculo esquelético independente de insulina é ativado em resposta a contração muscular, processo possível pela atividade de uma enzima denominada AMPK (proteína quinase ativada por AMP), tornando assim possível o consumo de glicose pelo músculo esquelético independente

da presença de insulina. Holloszy (2005) coloca que este mecanismo ocorre mais em fibras rápidas, enquanto o transporte de glicose ativado pela liberação de Ca^{2+} do retículo sarcoplasmático e consequente ativação da proteína quinase dependente de Ca^{2+} /calmodulina (CaMKII) ocorre em fibras rápidas e lentas.

Nesse contexto de mecanismos pelos quais o exercício contribui para o controle glicêmico, Jorge et al. (2011) destacam o aumento da concentração de cálcio citoplasmático, despolarizando a membrana e também a alta relação intracelular de AMP/ATP, que reflete um estado energético celular comprometido.

Por estas positivas alterações fisiológicas supracitadas, diferentes intervenções de exercício beneficiam o controle glicêmico (ADA, 2012), que pode ser representado pelos níveis de HbA1c. Esta medida é indicada no monitoramento da eficácia de programas terapêuticos, que visam reduzir os níveis de HbA1c e consequentemente o risco das complicações associadas ao DM (HIGGINS, 2012).

Entretanto, Vancea et al. (2009) colocam que o efeito do exercício físico na glicemia pode ser temporário, não sendo maior que 72 horas, uma vez que os níveis glicêmicos voltam a ser restaurados quando o treinamento físico é interrompido. Por este motivo, os autores sugerem que os intervalos de recuperação entre sessões de exercício físico para diabéticos não sejam maiores que 72 horas.

A prática de treinamento físico tem um conhecido efeito sobre a utilização de substrato energético, podendo aumentar a captação muscular de glicose durante o exercício em até 20 vezes. Portanto, a variedade de respostas fisiológicas, metabólicas e hormonais decorrentes do exercício físico podem ser de grande valor terapêutico para a população diabética, tendo sido bem reconhecidas no tratamento do DMT2 (ERICKSSON, 1999).

2.2. Treinamento físico e diabetes mellitus tipo 2

Os quadros clínicos de DM continuam aumentando em todo o mundo, devido essencialmente à queda nos níveis de atividade física e o aumento da obesidade, consequências do desenvolvimento econômico e da urbanização (WHITING et al. 2011). Este aumento do DM atingiu proporções epidêmicas em todo o mundo, colocando um fardo substancial em serviços de saúde (JAYAWARDENA et al. 2012). O principal responsável por estas proporções epidêmicas é a crescente incidência do DMT2, principal manifestação da doença, que tem sua prevalência aumentada, devido principalmente ao reduzido nível de

atividade física e alimentação inadequada em indivíduos já suscetíveis geneticamente (VADSTRUP et al. 2009).

As respostas metabólicas em diabéticos podem ser alteradas durante estados de deficiência insulínica severa ou excesso da mesma, apresentando assim um risco maior de hipoglicemia e/ou hiperglicemia e ocorrência de cetoacidose (RAMALHO et al. 2006; RAMALHO & SOARES, 2008). Já em pacientes com DMT2 não insulino-dependentes, a prescrição de exercício, juntamente com a perda de peso, é uma das indicações comportamentais mais apropriadas para diminuir a resistência à insulina e assim controlar o nível glicêmico sanguíneo (MERCURI & ARRECHEA, 2001). De fato, muitos tipos de movimento físico podem impactar positivamente na aptidão física, morbidade e mortalidade em pacientes com DMT2 (COLBERG et al. 2010).

Esta população sofre de redução nas funções físicas em razão de prejudicada função muscular e diminuído consumo de oxigênio. Nesta condição, é encontrada uma baixa densidade capilar e diminuída capacidade oxidativa na musculatura esquelética, o que pode ser minimizado através de treinamento aeróbico e/ou de força (ASA et al. 2012).

Programas de treinamento físico tem um papel fundamental no controle metabólico, juntamente com dieta, perda de peso e medicação. Os objetivos de programas de treinamento para esta população são, entre outros, encontrar e manter um nível glicêmico, lipídico e pressórico ótimo, assim prevenindo ou atrasando as complicações crônicas características da doença (COLBERG et al. 2010). Portanto, é importante analisarmos como as diferentes modalidades e variáveis de treinamento têm sido manipuladas nos diversos estudos que têm sido produzidos nesta perspectiva de tratamento do DMT2.

Revisões sistemáticas tem apresentado resultados benéficos como reduções em torno de 0,6% nos valores de HbA1c em resposta a programas de exercício de força ou programas de exercício aeróbico (SIGAL et al. 2004), sendo a magnitude dessas reduções numericamente comparável aos efeitos de hipoglicemiantes orais como a metformina (GROSS et al. 2011).

No DMT2, Maiorana et al. (2002) acreditam que tanto os exercícios aeróbicos quanto os exercícios de força ocasionam efeitos positivos no seu tratamento. Já Church et al. (2010) encontraram resultados mais satisfatórios através da aplicação do treinamento combinado do que quando treinamento aeróbico ou de força foram prescritos isoladamente. Mais recentemente, uma meta análise desenvolvida por Umpierre et al. (2011) não encontrou diferenças estatisticamente significativas nas reduções absolutas nos valores de HbA1c, advindos dos diferentes modos de treinamento (força, aeróbico ou combinado).

Além dos modos de treinamento, é importante que as variáveis relacionadas com volume e intensidade sejam bem manipuladas para que se obtenham os resultados desejados. Boulé et al. (2003) realizaram uma meta-análise com o objetivo de quantificar as respostas cardiorrespiratórias em indivíduos com DMT2 e correlacionaram volume e intensidade de treinamento com diminuição nos níveis de HbA1c. Este estudo apresentou como principais resultados os benefícios do treinamento aeróbico, apontando uma forte associação entre a intensidade dos modelos de treinamento aeróbico revisados e a queda nos níveis de HbA1c, o que não ocorreu com o volume de treinamento.

Contrariamente, Houmard et al. (2004), analisaram três grupos de indivíduos não diabéticos treinando aerobicamente em diferentes volumes e intensidades. Os autores encontraram uma resposta de ação insulínica independente do gasto calórico e da intensidade (% $VO_{2\text{pico}}$) utilizados. A duração de treino (minutos semanais) foi a variável em comum aos dois grupos com melhores respostas metabólicas, sendo um fator primário na prescrição de exercícios com objetivo de melhorar a sensibilidade à insulina. Mesmo os autores investigando indivíduos não diabéticos, o estudo é de grande importância na presente revisão, pois a melhora na sensibilidade a insulina é um alvo desejado através do treinamento em casos de DMT2.

Essas relações foram novamente investigadas em uma meta-análise realizada por Umpierre et al. (2011), que observaram melhores respostas glicêmicas em estudos com durações semanais de treinamento superiores a 150 minutos. Outra questão importante colocada neste estudo foi a maior superioridade nos efeitos redutores dos níveis de HbA1c dos programas de treinamento supervisionados quando comparados a estratégias menos rigorosas, como isolados aconselhamentos para realização de exercícios.

A relação no controle glicêmico com a quantidade de exercício realizado continuou sendo apontada em uma revisão sistemática com análise de meta-regressão realizada por Umpierre et al. (2013), que encontrou uma associação do volume de exercício com reduções nos níveis de HbA1c em estudos com treinamento aeróbico e combinado. De forma mais específica, encontrou-se uma possível redução adicional nos níveis de HbA1c em torno de 0,39% para cada sessão semanal adicionada ao programa de treinamento, sendo a frequência semanal mais importante do que a intensidade ou duração das sessões no objetivo de controle glicêmico.

Apesar destas consistentes evidências favorecendo o volume de treinamento na temática exercício e DMT2, estudos (HAWLEY & GIBALA, 2012; BIRD & HAWLEY, 2012) questionam as atuais recomendações de ao menos 150 minutos semanais de exercício

físico, colocando serem estas teoricamente simples, porém pouco factíveis. Os autores colocam que estudos observacionais e ensaios clínicos apresentam uma robusta relação dose-resposta entre a quantidade de exercício realizada e desfechos clínicos importantes no tratamento do DMT2, como doenças cardiovasculares e mortalidade por todas as causas, porém apesar das esmagadoras evidências relacionando inatividade física e excessivo consumo de energia com morte prematura em pacientes com DMT2 e outras populações, a maioria dos pacientes não consegue atender às recomendações mínimas de atividade física. A principal barreira à realização de treinamento físico relatada, independente de sexo, idade, etnia ou estado de saúde é a falta de tempo (GODIN et al. 1994).

Como solução, os mesmos autores propõem treinamentos que sejam tempo-eficiente, com doses mínimas para o alcance de ótimo controle glicêmico, sendo o treinamento intervalado de baixo volume e alta intensidade uma tentativa de tradução dos benefícios fisiológicos encontrados na literatura para uma real possibilidade prática de aplicação. Nesta direção, Adams (2013) revisou estudos com manipulação de treinamento em alta intensidade para diabéticos e não diabéticos, sugerindo benefícios em ambas as populações. Porém nesta revisão, poucos estudos foram encontrados, sendo salientada a necessidade de maiores e mais bem controlados ensaios randomizados para que seja determinada a eficácia, segurança e aderência de modelos intensos de treinamento no tratamento do DMT2.

Apesar de coerente, esta discussão colocada por uma corrente defensora de treinamentos curtos e intensos para pacientes com DMT2 não corrobora com os achados de uma subanálise de um estudo multicêntrico (NICOLUCCI et al. 2012) que mostrou ser o volume semanal de exercício positivamente relacionado com melhoras na qualidade de vida de pacientes com DMT2, o que provavelmente facilitaria a aderência destes pacientes em longos programas de treinamento físico (HANESTAD & ALBREKTSEN, 1991).

Estas relações entre variáveis de treinamento e possibilidades de exequibilidade das mesmas em diferentes linhas de pensamento denota o quão aberta é esta área apesar de muito estudada e dos tantos benefícios consolidados relacionados ao treinamento físico no tratamento do DMT2. A partir disto, torna-se importante conhecer as respostas encontradas na literatura em estudos envolvendo modelos de treinamento aplicados no tratamento desta manifestação da doença, salientando que apesar do controle glicêmico ser desfecho primário na maioria destes estudos, respostas lipídicas, pressóricas, inflamatórias, hormonais, funcionais e de qualidade de vida são extremamente relevantes nesta população, geralmente prejudicadas em todos estes aspectos.

Dentre estes desfechos, que formam um conjunto de alvos terapêuticos no tratamento aos pacientes com DMT2, destacam-se os marcadores inflamatórios, pois a inflamação crônica de baixo grau é um denominador comum entre DMT2 e doenças cardiovasculares (DCV), uma vez que a inflamação exerce papel mediador no processo aterosclerótico (BALDUCCI et al. 2010). Neste cenário inflamatório, um marcador comumente mensurado em muitos estudos é a proteína C-reativa ultrasensível (PCRus), produzida primariamente pelo fígado em respostas a citocinas inflamatórias como IL-6 e TNF α . Ultimamente, foi descoberto que esta proteína é produzida também no tecido adiposo (CALABRO et al. 2005) e em placas ateroscleróticas, participando ativamente na formação do processo aterosclerótico. Sua ação ocorre por meio de ativação celular, recrutamento de macrófagos e formação de células espumosas nas paredes dos vasos (LABARRERE & ZALOGA, 2004). A grande importância atribuída a este desfecho deve-se ao seu envolvimento com as DCV, que são a principal causa de morbi-mortalidade em pacientes com DMT2 (BALDUCCI et al. 2010).

2.3. Respostas ao treinamento físico terrestre em pacientes com DMT2

Apesar de serem encontradas diversas investigações analisando as respostas ao treinamento de força (DUNSTAN et al. 2002; PRAET et al. 2008; BROOKS et al. 2007; KWON et al. 2011) e ao treinamento combinado (LIMA & SILVA, 2002; TOKMAKIDIS et al. 2004; CHURCH et al. 2010; JORGE et al. 2011) em variáveis de controle do DMT2, a presente revisão descreverá mais detalhadamente apenas os estudos que tiveram ao menos em um grupo a manipulação de treinamento aeróbico realizado isoladamente. Esta abordagem será adotada pelo fato do treinamento aeróbico ser o modo de treinamento proposto no presente estudo, pelas questões supracitadas em outros tópicos sobre os modos de treinamento e por ser o treinamento aeróbico positivo no tratamento do DMT2, melhorando dentre vários aspectos, a sensibilidade à insulina, pois o mesmo proporciona uma maior responsividade do músculo esquelético a este hormônio através de uma aumentada expressão e/ou atividade de proteínas envolvidas no metabolismo da glicose (WANG et al. 2009).

Foram revisados um total de 14 estudos, todos tendo ao menos em um grupo a manipulação de treinamento aeróbico em pacientes com DMT2. Uma limitação da grande maioria dos estudos foi a não descrição do método de treinamento utilizado. Porém pelas informações obtidas, 13 dos 14 estudos adotaram o método contínuo em seus modelos de treinamento aeróbico, sendo o estudo de Karstoff et al. (2012) o único a prescrever o

treinamento aeróbico pelo método intervalado e comparar os seus efeitos com aqueles oriundos de um grupo treinando de forma contínua. Este estudo também apresenta a particularidade da não supervisão dos treinamentos realizados por seus grupos experimentais. No entanto, houve um rigoroso controle das variáveis de treinamento, buscando-se inclusive uma equiparação do gasto energético entre os grupos.

Em relação ao período de treinamento, dois estudos (NG et al. 2010; BELLO et al. 2011) tiveram duração de apenas oito semanas, três estudos (KWON et al. 2011; BELLI et al. 2012; JORGE et al. 2011) tiveram duração de 12 semanas, cinco estudos (CUFF et al. 2003; CAUZA et al. 2005_a; CAUZA et al. 2005_b; MONTEIRO et al. 2010; KARSTOFF et al. 2012) tiveram períodos de treinamento entre 13 e 17 semanas e os demais quatro estudos (SIGAL et al. 2007; VANCEA et al. 2009; CHURCH et al. 2010; KADOGLU et al. 2013) mantiveram seus grupos experimentais treinando por longos períodos experimentais (≥ 20 semanas).

Uma variável fundamental no treinamento físico aplicado no tratamento do DMT2 é a frequência semanal, que não diferiu muito entre os estudos revisados, pois nove destes (CUFF et al. 2003; CAUZA et al. 2005_a; CAUZA et al. 2005_b; SIGAL et al. 2007; VANCEA et al. 2009; MONTEIRO et al. 2010; BELLO et al. 2011; BELLI et al. 2011; JORGE et al. 2011) tiveram três sessões semanais em seus protocolos. Apenas um estudo (VANCEA et al. 2009) comparou grupos treinando em diferentes frequências semanais (três vs/ cinco sessões). Um ensaio clínico muito bem controlado (CHURCH et al. 2010) optou em prescrever seu treinamento por uma dosagem semanal (kcal/kg de massa corporal) sem número de sessões pré-estabelecido. Frequência de duas sessões semanais foi encontrada apenas no estudo de Ng et al. (2010), enquanto frequência acima de três sessões semanais foi encontrada em três estudos, tendo frequência de quatro sessões semanais o estudo de Kadoglou et al. (2013) e de cinco sessões semanais os estudos de Kwon et al. (2011) e Karstoff et al. (2012).

Juntamente com a frequência semanal, o conhecimento da duração total das sessões é importante à medida que juntas proporcionam a informação de duração semanal de treinamento, a qual é uma variável diretamente associada com o controle glicêmico. Os estudos desenvolvidos por Cauza et al. (2005_a) e Cauza et al. (2005_b) tiveram essa variável progredindo ao longo do período de intervenção, começando com sessões de 15 minutos e finalizando com sessões de 30 minutos. Esta duração de 30 minutos também foi adotada nos estudos de Vancea et al. (2009) e Bello et al. (2011), porém nestes estudos não houve progressão desta variável, sendo esta mantida constante durante todo o período de treinamento. A manipulação da duração das sessões de forma progressiva também foi encontrada no estudo de Sigal et al. (2007) que teve sessões de 15 minutos em uma fase

inicial e finalizou o período de intervenção com sessões de 45 minutos. Ainda nesse modelo progressivo, Belli et al. (2011) iniciaram seu programa de treinamento com sessões de 20 minutos, progredindo em 10 minutos/semana até a quinta semana, na qual a duração de treino atingiu 60 minutos e manteve-se assim durante todo o período de treinamento. Já com a proposta de manutenção de mesma duração das sessões durante todo o período de intervenção, o tempo de 50 minutos foi adotado em dois dos estudos revisados (MONTEIRO et al. 2010; NG et al. 2010), enquanto o tempo de 60 minutos foi adotado em quatro dos estudos revisados (KWON et al. 2011; KARSTOFF et al. 2012; JORGE et al. 2011; KADOGLU et al. 2013). A maior duração de treino encontrada nesta revisão foi de 75 minutos, a qual foi proposta no estudo de Cuff et al. (2003). Assim como em relação à frequência semanal, o estudo de Church et al. (2010) não teve duração de sessão pré-estabelecida, pois como já colocado, este estudo foi o único daqueles revisados que controlou o volume de treinamento por gasto energético semanal. Entretanto, os autores estimam que esta dosagem foi atingida em uma duração semanal de treinamento entre 130 e 150 minutos.

Analisando de forma conjunta as variáveis frequência semanal e duração das sessões de treinamento, vimos que dos 16 grupos de treinamento aeróbico encontrados nos 14 estudos revisados, seis grupos tiveram duração de treinamento acima de 150 minutos semanais, enquanto três grupos tiveram duração igual ou muito próxima deste valor e os outros sete grupos tiveram em seus programas de treinamento uma duração semanal inferior a 150 minutos.

Outra importante variável na prescrição de treinamento físico é a intensidade, e esta foi manipulada de cinco diferentes maneiras nos estudos revisados. No estudo de Cuff et al. (2003) a intensidade foi mantida entre 60 e 75% da FC_{res} durante todo o período de treinamento. Este mesmo modo de controle da intensidade foi utilizado em dois estudos (CAUZA et al. 2005_a e CAUZA et al. 2005_b), que tiveram a intensidade mantida em 60% da FC_{res} durante todo o período de treinamento. Um método ainda muito utilizado em diversos estudos e não diferente na temática “treinamento físico e DMT2” é o uso de valores percentuais da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{máx}$), sendo este adotado em seis dos estudos revisados. O estudo de Sigal et al. (2007) teve a intensidade progredindo de 60 a 75% $FC_{máx}$ durante o período experimental. Já Monteiro et al. (2010) manipularam a intensidade de forma ondulatória, sendo esta prescrita em 60, 70 e 80% da $FC_{máx}$ nos três respectivos dias de treinamento. Os demais quatro estudos mantiveram a intensidade constante durante todo o período de treinamento, sendo esta prescrita entre 60 e 70% $FC_{máx}$ no estudo de Vancea et al. (2009), entre 65 e 70% da $FC_{máx}$ no estudo de Ng et al. (2010), entre 50 e 75% da $FC_{máx}$ no

estudo de Bello et al. (2011) e entre 60 e 75% da $FC_{m\acute{a}x}$ no estudo de Kadoglou et al. (2013). Velocidades referentes a determinados percentuais do consumo de oxigênio máximo ou de pico foi o método adotado em dois estudos. Church et al. (2010) tiveram intensidade mantida entre 50 e 80% $VO_{2m\acute{a}x}$ durante todo o período de treinamento. Também sem progressão de intensidade ao longo do treinamento, Karstoff et al. (2012) tiveram a intensidade mantida em 55% VO_{2pico} no grupo treinando de forma contínua. Já no grupo que treinou de forma intervalada, a intensidade foi fixada em 70% do VO_{2pico} nos períodos de estímulo (3 min) e abaixo desse valor nos períodos de recuperação (3 min). Uma zona de treinamento entre 3,6 e 6 equivalentes metabólicos (METS) foi mantida constante no controle da intensidade no estudo de Kwon et al. (2011), único estudo a fazer uso desse modo de controle de intensidade.

Apesar dos modos de prescrição e controle da intensidade usados nos estudos acima serem recomendados, é bem conhecido que a realização de treinamento em um dado percentual de $FC_{m\acute{a}x}$ ou $VO_{2m\acute{a}x}$, pode provocar diferentes respostas fisiológicas em diferentes indivíduos e que parâmetros submáximos como limiar de lactato ou ventilatório são indicadores mais precisos do estresse relativo causado pelo exercício (MEYER et al. 2005). Porém apenas dois estudos revisados fizeram uso destes parâmetros. Belli et al. (2011) prescreveram a intensidade por uma velocidade correspondente ao segundo limiar ventilatório (LV_2). Já Jorge et al. (2011) prescreveram a intensidade por uma FC correspondente ao limiar de lactato. Vale ressaltar que os dois estudos tiveram a intensidade controlada pelo mesmo limiar, existindo diferença na nomenclatura apenas pela diferença no método de determinação deste parâmetro.

Em relação aos desfechos dos estudos revisados, efeitos cardiorrespiratórios benéficos foram encontrados em oito estudos (CUFF et al. 2003, CAUZA et al. 2005_b, MONTEIRO et al. 2010, CHURCH et al. 2010, KWON et al. 2011, KARSTOFF et al. 2011, BELLI et al. 2011; JORGE et al. 2011). Já em relação às melhoras em parâmetros bioquímicos, mais precisamente em variáveis glicêmicas, lipídicas e inflamatórias, sete estudos (SIGAL et al. 2007; VANCEA et al. 2009; CHURCH et al. 2010; KWON et al. 2011; JORGE et al. 2011; KARSTOFF et al. 2012; KADOGLU et al. 2013) encontraram benéficos efeitos ao menos em um dos desfechos bioquímicos avaliados.

Os principais resultados, juntamente com a duração das intervenções, das sessões de treinamento, o volume e a intensidade dos protocolos adotados podem ser visualizados detalhadamente no quadro 1. Foram considerados como principais resultados apenas aqueles relacionados aos desfechos analisados na presente investigação.

Quadro 1: Respostas ao treinamento aeróbico terrestre em pacientes com DMT2.

Estudo	Amostra	Período	Volume/Intensidade	Principais Resultados
Cuff et al. (2003)	Mulheres pós-menopáusicas	16 semanas	3 x/sem, COMBI: AERO, 60 a 75% FC _{res} + FOR, 2 séries de 12 rep. vs/ AERO: Entre 60 e 75% FC _{res} . Obs.: Tempo de duração das sessões de ambos os grupos = 75 min.	Alterações significativas em comparação com grupo controle: COMBI ↑ 10,2% - VO _{2pico} ; AERO ↑ 13,1% - VO _{2pico} . Sem alterações significativas: HbA1c.
Cauza et al. (2005 _a)	Ambos os sexos – meia idade	17 semanas	3 x/sem, AERO: 15 a 30 min a 60% da FC _{res} . vs/ FOR: 3 a 6 séries semanais de 10 a 15 RM.	Alterações significativas em comparação com pré-treinamento: FOR: ↓ 15,56% - GJ. Sem alterações significativas: AERO: GJ. AMBOS OS GRUPOS: HbA1c; VO _{2pico} .
Cauza et al. (2005 _b)	Ambos os sexos – meia idade	17 semanas	3 x/sem, AERO: 15 a 30 min a 60% da FC _{res} . vs/ FOR: 3 a 6 séries semanais de 10 a 15 RM.	Alterações significativas em comparação com pré-treinamento: FOR E AERO ↓ 13,76% - 14,18% - PAS; ↓ 9,52% - 14,94% - PAD. FOR ↓ 27,94% - GJ; ↓ 1,2 - HbA1c; ↓ 20,87% - HOMA-IR; ↓ 93,6% - CT; ↓ 11,66% - LDL; ↓ 34,49% - TG; ↑ 11,62% - HDL. Sem alterações significativas: AERO GJ; IJ; HbA1c; CT; LDL;TG; HDL. AMBOS OS GRUPOS IJ; VO _{2pico} .
Sigal et al. (2007)	Ambos os sexos – adultos a idosos	22 semanas	3 x/sem: AERO: Volume progrediu de 15 a 45 min e intensidade progrediu de 60 a 75% da FC _{máx} . vs/ FOR: 2 a 3 séries de 7 a 9 RM. vs/ COMBI: AERO + FOR.	Alterações significativas em comparação com grupo controle: AERO ↓ 0,51% - HbA1c. FOR ↓ 0,38% - HbA1c. COMBI: Alteração adicional ao AERO ↓ 0,46 - HbA1c. Alteração adicional ao FOR ↓ 0,59 - HbA1c. Sem alterações significativas: AMBOS OS GRUPOS PAS; PAD; HDL; LDL; TG.
Vancea et al. (2009)	Ambos os sexos – meia idade	20 semanas	(G3 – 3 x/sem) – (G5 – 5 x/sem), AERO: 30 min entre 60 e 70% da FC _{máx} .	Alterações significativas em comparação ao pré-treinamento: G5 ↓ 27,58% - GJ; ↓ 9,37% - GPP. Sem alterações significativas: G3; GJ; GPP. AMBOS OS GRUPOS HbA1c.

Monteiro et al. (2010)	Mulheres pós-menopáusicas	13 semanas	3 x/sem, AERO: 50 min a 60, 70 e 80% da FC _{máx} , nos 3 respectivos dias semanais de treinamento. Acompanhamento de leituras educacionais	Alterações significativas em comparação ao pré-treinamento: AERO ↑ 2,86% - VO _{2pico} ; ↓ 27% - PAD; ↓ 11,07% - PAS (sem diferença do GC); ↓ 42,25% - GJ (sem diferença do GC).
Church et al. (2010)	Ambos os sexos – adultos a idosos	39 semanas	AERO: Dose semanal de 12kcal/kg de massa corporal, entre 50 e 80% VO _{2máx} . vs/ FOR: 3 x/sem, 2 a 3 séries de 10 a 12RM. vs/ COMBI: AERO (Dose semanal de 10kcal/kg de massa corporal, entre 50 e 80% VO _{2máx} + FOR (2 x/sem, 1 série de 10 a 12 RM).	Alterações significativas em comparação ao grupo controle: COMBI ↓ 0,34% - HbA1c; ↑ 6% - VO _{2pico} . Sem alterações significativas: AERO e FOR: HbA1c e VO _{2pico} .
Ng et al. (2010)	Ambos os sexos	8 semanas	2 a 3 x/sem, AERO: 50 min entre 65 e 70% FC _{máx} . vs/ FOR: 3 séries entre 65 e 70% 1RM, método circuito.	Sem alterações significativas. HbA1c; GJ; CT; HDL; LDL;TG; VO _{2pico} ; PAS; PAD.
Bello et al. (2011)	Ambos os sexos	8 semanas	3 x/sem, AERO: 30 min entre 50 e 75% da FC _{máx} (220-idade).	Alterações significativas em comparação ao pré-treinamento: ↑ 6,89% - Qualidade de vida (sem diferença do grupo controle). Sem alterações significativas. GJ; HbA1c; HDL; LDL.
Kwon et al. (2011)	Mulheres – meia idade	12 semanas	AERO, 5 x/sem: 60 min entre 3,6 e 6 METS. vs/ FOR, 3 x/sem: 3 séries de 10 a 15 rep. entre 40 a 50% de 1RM.	Alterações significativas em comparação ao pré-treinamento: AERO: ↑ 85,71% - VO _{2LAn} ; ↓ 0,5% - HbA1c. Sem alterações significativas: FOR: VO _{2LAn} ; HbA1c. AMBOS OS GRUPOS: IJ; CT; TG; HDL; LDL.
Belli et al. (2011)	Mulheres	12 semanas	AERO, 3 x/sem: Progressão de 20 a 60 minutos na velocidade de LV2.	Alterações significativas em comparação ao pré-treinamento: ↑ 6% - VO _{2pico} ; ↓ 0,9% - HbA1c; ↓ 8,56% - CT (sem diferença do grupo controle); ↓ 22,55% - LDL (sem diferença do grupo controle); ↑ 22% - HDL CT (inferior à melhora do grupo controle). Sem diferenças significativas: GJ; TG; PAS; PAD; VO _{2LV2} ; % VO _{2LV2} ;
Jorge et al. (2011)	Ambos os sexos	12 semanas	3 x/sem, 60 min. AERO: FC correspondente ao limiar de lactato vs/ FOR: método de circuito sem informações de volume e intensidade vs COMBI: Ambos treinos AERO e FOR intercalados e, mesma intensidade e 50% do volume de cada modalidade.	Alterações significativas em comparação ao pré-treinamento: AERO, FOR E COMBI ↓ 7% - 7,4% - 2,83% - PAS; ↓ 10% - 2,98% - 8,69% - PAD; ↓ 13,50% - 14,46% - 8,13% - GJ; ↓ 24,96% - 5,49% - 11,78% - GPP; ↓ 9,49% - 6,92% - 1,31% - CT; ↓ 10,04% - 34,58% - 16,55% - TG; ↓ 9,75% - 13,05% - 9,59% - PCRus (sem diferença do grupo controle).

				FOR E AERO: ↓ 6,44% - 11,75% . AERO: ↑ 16,30% - VO _{2pico} . Sem diferenças significativas: HbA1c; HOMA-IR.
Karstof et al. (2012)	Ambos os sexos	16 semanas	AERO, 5 x/sem (contínuo – 60 min a 55% VO _{2pico} vs/ intervalado – 60 min - 3 min acima de 70% VO _{2pico} e 3 min abaixo de 70% VO _{2pico}).	Alterações significativas em comparação ao pré-treinamento: INTERVALADO ↑ 16,23% - VO _{2pico} ; ↓ 12,5% - LDL. Sem alterações significativas: CONTÍNUO: VO _{2pico} ; LDL. AMBOS OS GRUPOS: CT; HDL; TG; HbA1c; GJ; GPP; IJ.
Kadoglou et al. (2013)	Ambos os sexos	26 semanas	CONTROLE: Encorajamento de exercício auto-controlado vs/ AERO: 4 x/sem, 60 min entre 60 e 75% FC _{max} vs/ FOR: 4 x/sem, 2 a 3 séries de 8 a 10 rep entre 60 e 80% 1RM vs/ COMBI: Combinação dos treinos AERO e FOR na mesma intensidade e 50% do volume.	Alterações significativas em comparação ao pré-treinamento: AERO, FOR E COMBI: ↓ 0,2% - 0,6% - 0,9% - HbA1c; ↓ 14,72% - 22,41% - 27,52% - TG; ↓ 26,21% - 42,67% - 56,56% - IJ; ↓ 33,24% - 58,77% - 71,08% - HOMA. AERO E COMBI: ↓ 6,25% - 7,46% - PAS; ↑ 22,16% - 20,90% - VO _{2pico} ; ↓ 6,74% - 12,43% - CT; ↓ 7,31% - 12,53% - LDL; ↓ 33,33% - 35,71% - PCR _{us} . AERO: ↑ 13,63% - HDL. Sem alterações significativas: AERO, FOR E COMBI: GJ. AERO E COMBI; HDL. FOR: PAS; VO _{2pico} ; CT; LDL; PCR _{us} .

Legenda: AERO: aeróbico, FOR: força, COMBI: combinado, RM: repetições máximas ↓: diminuição; ↑: aumento; FC_{máx}: frequência cardíaca máxima; FC_{rep}: frequência cardíaca de repouso, FC_{res}: frequência cardíaca de reserva; METS: equivalente metabólico, GC: grupo controle, IMC: índice de massa corporal, PAD: pressão arterial diastólica, G3: grupo que treina 3 x/sem, G5: grupo que treina 5 x/sem, CT: colesterol total; TG: triglicerídeos; LDL: lipoproteína de baixa densidade; HDL: lipoproteína de alta densidade; x/sem: sessões semanais; 1RM: 1 repetição máxima; HbA1c: Hemoglobina glicosilada ou glicada; VO_{2pico}: consumo de oxigênio de pico, VO_{2máx}: consumo de oxigênio máximo, GJ: glicemia de jejum; GPP: glicemia pós-prandial; IJ: insulina de jejum; TTOG – Teste de tolerância oral a glicose, HOMA-IR: modelo de avaliação homeostática da resistência a insulina, VO_{2LAn}: consumo de oxigênio no limiar anaeróbico, PCR_{us}: proteína C-reativa ultrasensível; %HbA1c: redução em pontos percentuais.

2.4. Treinamento aquático – caminhada e corrida em piscina funda

Os exercícios realizados em meio aquático estão sendo cada vez mais indicados, pois têm sido comprovados efeitos benéficos nos diferentes componentes da aptidão física, como aumento da capacidade aeróbica, dos níveis de força e de flexibilidade e a melhora na composição corporal (ALBERTON e KRUEL, 2009). Assim, a procura de treinamento

aquático torna-se uma tentativa humana de aumentar as opções na busca de melhor aptidão física (MÜLLER et al. 2005).

Além da natação, que exige habilidades específicas, o meio aquático tem sido utilizado para diferentes exercícios, como a hidroginástica, a corrida em piscina funda, exercícios em cicloergômetros, caminhada em piscina rasa ou esteiras ergométricas submersas, todos realizados em posição vertical. Dentre as vantagens destes exercícios, em relação àqueles realizados em meio terrestre, encontra-se a vantagem da compressão sobre o sistema musculoesquelético ser reduzida (SILVA e KRUEL, 2008). Esta vantagem favorece a aplicação e progressão de diferentes modelos de treinamento físico a populações como idosos, gestantes e pacientes com osteoartrite ou doenças musculares, o que tem aumentado a popularidade destes exercícios no atual contexto do *fitness*, sendo seus efeitos bem aceitos na literatura (BARBOSA et al. 2007).

Inclusive nas últimas décadas, os modelos de treinamento aquático em posição vertical consolidaram-se como um dos mais importantes meios de atividade física dentro do sistema de prevenção de doenças, tanto no contexto de aptidão física, como no contexto terapêutico e de reabilitação. Um corpo de conhecimento vem sendo produzido a fim de melhor compreender o papel do treinamento aquático na saúde de diferentes populações (BARBOSA et al. 2009).

O treinamento no meio aquático pode ser manipulado através de diferentes modalidades, destacando-se a hidroginástica e a corrida em piscina funda. A corrida em piscina funda primeiramente foi desenvolvida visando atletas, como um modo alternativo de treinamento durante períodos de lesão, possibilitando uma reabilitação sem perda de condicionamento (PEYRÉ-TARTARUGA et al. 2009). Ultimamente, essa modalidade tem sido indicada também para outras populações, como pessoas que necessitam de menor sobrecarga cardiovascular (KANITZ et al. 2010), obesos (MEREDITH-JONES et al. 2009), pessoas com lesões de coluna ou de membros inferiores (MIYOSHI et al. 2004), sedentários (MICHAUD et al. 1995) e idosos (BROMAN et al. 2006). Esta variedade de populações estudadas nos remete a entender cada vez mais esta modalidade, pois existem particularidades na sua prescrição, bem como na compreensão de seus possíveis efeitos.

2.5. Treinamento em meio aquático – particularidades fisiológicas

O treinamento realizado em meio aquático apresenta particularidades que devem ser consideradas para fins de adequada prescrição e compreensão de seus efeitos. Algumas destas particularidades devem-se às propriedades físicas da água. Destas propriedades, as que mais se relacionam com as alterações fisiológicas são a termocondutividade, ou mais precisamente, a maior capacidade de transferência de calor em meio líquido, a força de empuxo, que age contra a força da gravidade e auxilia na flutuação e a pressão hidrostática que provavelmente é responsável por alterações cardiovasculares em repouso e em exercício (PEYRÉ-TARTARUGA e KRUEL, 2006).

Variáveis como profundidade de imersão e temperatura da água afetam as respostas cardiovasculares ao treinamento. O comportamento da frequência cardíaca (FC) e da pressão arterial (PA) é atenuado tanto em repouso como em exercício dentro da água (TORMEN, 2007). Em relação à temperatura corporal, o treinamento aquático deve levar em consideração a facilitação na perda de calor, principalmente pelos mecanismos de condução e convecção (BARBOSA et al. 2009). Os mesmos autores também apontam a importância de controlar a profundidade de imersão, devido a parâmetros fisiológicos como consumo de oxigênio, frequência cardíaca e gasto energético responderem de formas distintas em diferentes profundidades de imersão.

Dentre as alterações fisiológicas decorrentes da imersão, aquelas mais estudadas são as cardiovasculares. Provavelmente isso ocorra pela ação direta que as propriedades físicas da água, especialmente a pressão hidrostática, exercem no sistema circulatório. A imersão induz um gradiente de pressão hidrostática que age nas colunas vasculares corporais exercendo pressão em toda superfície corporal que está imersa. Este gradiente aumenta o retorno venoso, aumentando o volume sanguíneo intratorácico (EPSTEIN et al. 1976). Quantitativamente, estima-se que esse aumento de sangue na região central seja de aproximadamente 700 ml/min (ARBORELIUS, 1972), sendo $\frac{1}{4}$ alocado nas câmaras cardíacas. Técnicas de estimativas do tamanho do coração estimam que as câmaras cardíacas sofram um aumento da volemia em torno de 180 a 247 ml/min (RISCH et al. 1978). Em consequência, ocorre um aumento no volume diastólico final, que leva ao aumento do volume sistólico pelo mecanismo de Frank-Starling. Apesar da ocorrência de uma bradicardia que pode ser entendida como compensatória, parece existir aumento no débito cardíaco. Grande parte desse aumento (32-62%) ocorre devido ao predomínio do aumento no volume sistólico em relação à bradicardia (PENDERGAST & LUNDGREN, 2009).

Em relação ao consumo de oxigênio sistêmico, este permanece constante em temperatura termoneutra. Porém, sua regulação é diferente daquela que ocorre em meio terrestre. Quando exercícios físicos são realizados na terra, o aumento no débito cardíaco é proporcional ao aumento na demanda metabólica, que pode ser representada pelo consumo de oxigênio. Porém para uma mesma carga de trabalho, ocorre um maior débito cardíaco no meio aquático quando comparado ao meio terrestre (PARK et al. 1999; PENDERGAST & LUNDGREN, 2009). Este aumento no débito cardíaco não implica em proporcional aumento no consumo de oxigênio porque a diferença arteriovenosa é menor em meio aquático. Isto pode ser visto no estudo de Park et al. (1999) tanto em repouso como em exercício. Os autores explicam estas alterações pela hiperperfusão em diversos tecidos que ocorre em repouso persistir em exercício, o que apesar da ocorrência de redistribuição sanguínea para os músculos ativos, este aumento no débito cardíaco não seria direcionado expressivamente aos músculos em atividade.

O grau de alterações provocadas pela imersão em relação ao meio terrestre ainda vai além da facilitação no fluxo sanguíneo e na termoregulação, ocorrendo uma redução na condução de atividade simpática, na liberação de catecolaminas e uma supressão do sistema renina-angiotensina (RODRIGUES et al. 2011).

2.6. Imersão, regulação hormonal, sistema renina-angiotensina e sinalização insulínica

O relatado aumento da pressão atrial que ocorre em imersão estimula os receptores cardiopulmonares de baixa pressão, causando uma inibição tônica no fluxo de atividade nervosa simpática, que controla a circulação sistêmica e a função renal. Assim, ocorre uma supressão na atividade da renina plasmática (ARP) e do hormônio adenocorticotrófico (ACTH) plasmático, os quais têm sua liberação controlada prioritariamente pela atividade nervosa simpática (CORUZZI et al. 1984). Rim et al. (1997) colocam que em conjunto com estas alterações, ocorrem ajustes neurais e hormonais em reflexo da ativação de mecanorreceptores cardíacos decorrentes da imersão aquática. Dentre estes ajustes, encontra-se uma supressão na secreção de hormônio antidiurético (ADH) e aldosterona, uma inibição da atividade nervosa simpática renal, uma estimulação de prostaglandina renal e uma liberação de peptídeo natriurético atrial, resultando em diurese, natriurese e kaliurese.

Quando realizamos exercício em meio terrestre, a transferência de calor por meio de evaporação e consequente perda hídrica pode levar a uma redução do volume sanguíneo. Isto pode levar a vasoconstrição periférica em humanos saudáveis, sendo esta alteração decorrente

do aumento na atividade vasoconstritora simpática eferente. Já em situação de imersão, a facilitação na perda de calor por condução e convecção, juntamente com a ação da pressão hidrostática gera aumento no volume plasmático, aumentando prioritariamente o volume sanguíneo central. Isto conduz a uma diminuição na liberação de hormônios vasoconstritores e na resistência vascular sistêmica, sendo estas alterações decorrentes dos reflexos centrais já citados (JOHANSEN et al. 1998; GABRIELSEN et al. 2000). Porém, juntamente com a estimulação dos receptores cardiopulmonares por hipervolemia central, a imersão aquática induz hemodiluição e redução da pressão osmótica coloidal (JOHANSEN et al. 1998). Acredita-se que a associação destes ajustes contribua para a regulação neuroendócrina que ocorre em imersão, como no caso da supressão na liberação de renina no plasma (GABRIELSEN et al. 2002).

A supressão do SRA ocorre já com 30 minutos de imersão, aumentando com o passar do tempo, sendo perdida após um período de três horas. Concentrações plasmáticas de Ang II, assim como de catecolaminas e vasopressina, diminuíram durante imersão aquática de seis horas em humanos hidratados, concomitantemente com aumentos na excreção de água e sódio (HAMMERUN et al. 1998). Os níveis de Ang II caíram de $27,1 \pm 5,3$ pg.ml⁻¹ para $4,3 \pm 0,7$ pg.ml⁻¹. Os autores consideram a Ang II um mediador da natriurese que ocorre durante a imersão aquática. Um outro estudo de Schou et al. (2002) encontrou redução de 50% nos níveis de Ang II após imersão aquática durante três horas. Os autores também colocam a supressão do eixo renina-angiotensina-aldosterona como um importante mecanismo da natriurese que ocorre em imersão.

Alterações fisiológicas como a supressão do SRA apresentam grande relevância clínica, uma vez que sua ativação está relacionada ao desenvolvimento e a progressão de doenças crônicas como o DMT2, sendo determinante na ocorrência de doenças cardiovasculares. Dessa forma, intervenções visando bloquear a ação do SRA podem ajudar pacientes com DMT2, melhorando a secreção de insulina e/ou a sensibilidade a este hormônio (GOOSSENS, 2012). O *cross-talk* existente entre Ang II e insulina caracteriza-se basicamente pela modulação negativa que a Ang II exerce sobre a ação insulínica. A Ang II é capaz de estimular a fosforilação em tirosina dos receptores de insulina (IRS-1 e IRS-2) e suas respectivas associações com a PI-3 quinase, porém inibindo a ação catalítica desta enzima (SAAD et al. 1995, VELLOSO et al. 1996), tanto que bloqueadores dos receptores de Ang II (AT1) conseguem prevenir este fenômeno (CARVALHO et al. 1997). Assim, a Ang II é capaz de inibir a sinalização insulínica através da via da PI-3 quinase, e isto ocorre possivelmente pela ativação de seu receptor AT1 (CARVALHO-FILHO et al. 2007).

Esta negativa modulação exercida pela Ang II na sinalização insulínica faz do SRA um potencial contribuinte para resistência a insulina e DMT2 (KASPER et al. 2006). Em estudo com modelo animal comparando saudáveis e resistentes a insulina, aqueles animais que fizeram uso de bloqueadores de AT1 voltaram aos níveis normais de sensibilidade a este hormônio. Esta interação entre hipertensão arterial e atividade do SRA com DMT2 está sendo bem salientada na literatura, relatando-se existir uma associação entre resistência à insulina e aldosterona (CINTRA et al. 2011). Outro aspecto a ser considerado é que a resistência a insulina no músculo esquelético, como na inatividade física, também possibilita anormalidades de ordem lipídica (DUDIVIER et al. 2013).

Estas relações apresentadas nos remetem à importância das alterações provocadas pela imersão, especialmente a inibição do SRA, nos mais diferentes desfechos bioquímicos em modelos de treinamento físico que busquem o tratamento do DMT2, analisando o comportamento de variáveis representantes do SRA e do controle glicêmico, as quais não tiveram suas relações com o cenário do treinamento físico e da imersão aquática bem exploradas na literatura. O próximo tópico apresenta de forma objetiva diferentes respostas bioquímicas ao treinamento em meio aquático em diferentes populações.

2.7. Respostas bioquímicas ao treinamento aquático

Foram incluídos neste tópico estudos que analisaram respostas hormonais, glicêmicas, lipídicas ou inflamatórias ao treinamento em meio aquático em posição vertical. Devido à escassez literária nesta temática, foram incluídos estudos com os diferentes modos de treinamento (aeróbico, força e combinado) aplicados em diferentes populações.

Um total de oito estudos foram revisados, dos quais apenas dois (COSTA, 2011; GREENE et al. 2012) tiveram grupos realizando treinamento aeróbico isoladamente. O estudo de Costa (2011) propôs o treinamento aeróbico através da modalidade de hidroginástica enquanto no estudo de Greene et al. (2012) o treinamento aeróbico foi realizado através da prática de caminhada e/ou corrida em esteira subaquática. Em relação aos desfechos, o treinamento físico em meio aquático se mostrou eficaz na melhora de ao menos um dos parâmetros bioquímicos analisados em sete dos estudos revisados (TAKESHIMA et al. 2002; TORMEN, 2007; VOLAKLIS et al. 2007; NOWAK et al. 2008; JONES et al. 2009; COSTA, 2011; GREENE et al. 2012).

Os principais resultados, juntamente com a duração das intervenções, das sessões de treinamento, o modo, volume e a intensidade dos protocolos adotados podem ser visualizados

detalhadamente no quadro 2. Neste tópico, foram considerados como principais resultados aqueles relacionados aos desfechos bioquímicos analisados na presente investigação.

Quadro 2: Respostas bioquímicas ao treinamento aquático

Estudo	Amostra	Período	Volume/Intensidade	Principais Resultados
Takeshima et al. (2002)	Mulheres idosas	12 semanas	3 x/sem, HIDRO-COMBINADO, AERO: 30 minutos, FC correspondente ao limiar de lactato, FOR: 10 min, 1 série de 10/15 rep. com vel. máx e aparelhos resistivos aquáticos. PI: processo xifóide. TA: 30°.	Alterações significativas em comparação ao pré-treinamento: ↓ 11% - CT; ↓ 17% - LDL. Sem alterações significativas: HDL; TG.
Tormen (2007)	Mulheres pré-menopáusicas.	20 semanas	2 x/sem, HIDRO-COMBINADO, FOR: 9 a 28 minutos, 2 x 30 segundos a 2x3 x 10 segundos em vel.máx, AERO: 21 a 3 minutos entre 70 e 80% da FC _{máx} .	↓ 17,50% - CT; ↓ 9,92% - HDL; ↓ 21,56% - LDL; ↓ 22,96% - TG.
Volaklis et al. (2007)	Homens de meia-idade com DAC	16 semanas	GRUPO COMBI (terra): AERO, 2 x/sem, 30 a 40 minutos entre 50% a 80% da FC _{máx} . FOR: 2 a 3 séries de 12/15 rep. a 60% de 1RM. vs/ GRUPO COMBI (água): AERO, 2 x/sem, 30 a 40 minutos entre 50% a 70% da FC _{máx} . FOR: 2 a 3 séries entre 60 e 80% do nRM, com aparelhos resistivos. PI: 1,20m. TA: Não informada.	Alterações significativas em comparação ao pré-treinamento: GRUPO COMBI (terra): ↓ 4,56% - CT; ↓ 11,41% - TG. GRUPO COMBI (água): ↓ 3,83% - CT; ↓ 10,59% - TG. Sem alterações significativas: HDL; LDL.
Nowak et al. (2008)	Mulheres obesas	12 semanas.	2 x/sem, Atividade aquática RECREACIONAL - duração de 60 min	Alterações significativas em comparação ao pré-treinamento: ↓ Tolerância a glicose; ↓ HOMA-IR; ↓ CT; ↓ LDL.
Jones et al. (2009)	Mulheres de meia-idade com sobrepeso, divididas em tolerantes a glicose e intolerantes a glicose	12 semanas	3 x/sem, Circuito COMBI - AERO (deep water running): Blocos de 3 minutos entre 70 e 75% da FC _{máx} ou IEP: 11 a 14, intercalado com 1 série de 60 a 90 segundos em 1 exercício de FOR. PI: Logo abaixo do pescoço (colete flutuador). TA: 29°C.	Alterações significativas em comparação ao pré-treinamento: INTOLERANTES À GLICOSE ↓ 30,4% - GPP. Sem alterações significativas AMBOS OS GRUPOS: GJ; IJ. TOLERANTES À GLICOSE: GPP.
Colado et al. (2009)	Mulheres pós-menopáusicas	24 semanas	GRUPO FOR (água): 2 a 3x/sem, 1 série a 2 superséries de 20 rep. em índices de esforços percebidos (IEP): 5 a 7 na escala OMNI vs/. GRUPO FOR (terra): Treinamento com faixas elásticas, volume e intensidade similares ao grupo FOR (água). PI: Não informada.	Alterações significativas em comparação ao pré-treinamento: GRUPO FOR (terra) ↑ 12,32% - HDL. Sem alterações significativas: GRUPO FOR (água): HDL.

			TA: Não informada.	AMBOS OS GRUPOS: GJ; CT; LDL; TG.
Costa (2011)	Mulheres dislipidêmicas pré-menopáusicas	12 semanas	2 x/sem, AERO (hidroginástica): 30 minutos (método intervalado) com blocos entre IEP:13 e 15 com intervalos entre IEP: 9 e 11. PI: Entre processo xifoide e ombros. TA: Entre 29 e 31°C.	Alterações significativas em comparação ao pré-treinamento: ↓ 9,4% - CT; ↓ 16,4% - LDL; ↑ 10% - HDL. Sem alterações significativas: TG.
Greene et al. (2012)	Ambos os sexos com sobrepeso e/ou obesidade	12 semanas	AERO – GRUPO TERRA (esteira) vs/ GRUPO ÁGUA (esteira subaquática): Progressão – VOLUME: 250 a 500 kcal; INTENSIDADE: 60 a 85% VO _{2máx} . PI: Não informada. TA: Não informada.	Alterações significativas em comparação ao pré-treinamento: HOMENS ↑ 8,88HDL. Sem alterações significativas: CT; LDL; TG.

Legenda: AERO: aeróbico, FOR: força, COMBI: combinado, ↓: diminuição, ↑: aumento, VO_{2máx}: consumo máximo de oxigênio, FC_{máx}: frequência cardíaca máxima, PI: profundidade de imersão, TA: temperatura da água, CT: colesterol total; TG: triglicerídeos; LDL: lipoproteína de baixa densidade; HDL: lipoproteína de alta densidade; x/sem: sessões semanais, HOMA-IR: modelo da avaliação homeostática da resistência a insulina, IEP: índice de esforço percebido, kcal: quilocalorias, rep: repetições.

2.8. Respostas ao treinamento aquático em pacientes com DMT2

O meio de realização do treinamento ainda não é foco primário de discussão na temática “exercício e DMT2”, sendo esta uma lacuna relevante de maior exploração, principalmente pelas alterações fisiológicas decorrentes da imersão e pelas possibilidades de sujeitos com dificuldades de suportar a própria massa corporal serem beneficiados por diferentes intervenções em meio aquático.

Apenas dois estudos (ASA et al. 2012; NUTTAMONWARAKUL et al. 2012) foram encontrados investigando as respostas ao treinamento aquático sobre variáveis de controle do DMT2, tendo um deles a manipulação de treinamento combinado e o outro a manipulação de treinamento aeróbico. Assim como na descrição das intervenções de exercício em meio terrestre para esta população, faltam maiores informações em relação ao método de treinamento aeróbico adotado. O período de intervenção foi de oito semanas no estudo de Asa et al. (2012) e 12 semanas no estudo de Nuttamonwarakul et al. (2012). Ambos tiveram frequência de treinamento de três sessões semanais. No estudo de Asa et al. (2012) as sessões tiveram duração total de 45 minutos sem descrição exata do tempo em que os pacientes treinavam aerobicamente e no estudo de Nuttamonwarakul et al. (2012) as sessões tiveram duração de 30 minutos. Dessa forma, ambas as intervenções tiveram duração semanal inferior

a 150 minutos semanais. Quanto à intensidade, os pacientes envolvidos no estudo de Asa et al. (2012) realizaram a parte aeróbica das sessões entre 55 e 75% da FC_{res} . Já aqueles pacientes envolvidos no estudo de Nuttamonwarakul et al. (2012) treinaram a 70% da $FC_{máx}$. Nenhum dos estudos apresentou progressão das variáveis de treinamento ao longo do período experimental. Ambos os estudos apresentaram benéficos efeitos cardiorrespiratórios e no controle glicêmico, enquanto apenas o estudo de Nuttamonwarakul et al. (2012) demonstrou melhora no perfil lipídico e nos níveis insulínêmicos.

Assim como nos tópicos anteriores, os principais resultados, juntamente com a duração das intervenções, das sessões de treinamento, o modo, volume e a intensidade dos protocolos adotados podem ser visualizados detalhadamente no quadro 3.

Quadro 3: Respostas ao treinamento aquático em pacientes com DMT2.

Estudo	Amostra	Período	Volume/Intensidade	Principais Resultados
Asa et al. (2012)	Ambos os sexos com DMT2 e IC	8 semanas	3 x/sem, 45 minutos. COMBI, AERO: entre 55 e 75% FC_{res} , FOR: entre 40 e 60% FC_{res} . PI: Logo abaixo do pescoço. TA: Entre 33 e 34°C.	Alterações significativas em comparação ao pré-treinamento: ↑ 14% - VO_{2pico} ; ↓ 0,7% - HbA1c. Sem alterações significativas: GJ; IJ; CT; TG.
Nuttamonwarakul et al. (2012)	Idosos de ambos os sexos com DMT2	12 semanas	3 x/sem, HIDRO-AERO: 30 minutos, 70% $FC_{máx}$; PI: Não informada; TA Entre 34 e 36°C.	↓ 2,04% - PAS; ↓ 4,01% - PAD; ↓ 10,93% - FCrep; ↑ 0,2% - $VO_{2máx}$; ↓ 1,1% - HbA1c; ↓ 5,08% - IJ; ↓ 4,57% - CT; ↓ 9,4 - TG.

Legenda: AERO: aeróbico, FOR: força, COMBI: combinado, ↓: diminuição, ↑: aumento, IC: insuficiência cardíaca, $FC_{máx}$: frequência cardíaca máxima, PI: profundidade de imersão, TA: temperatura da água, CT: colesterol total, TG: triglicerídeos, HDL: lipoproteína de alta densidade; x/sem: sessões semanais, HbA1c: hemoglobina glicosilada ou glicada; $VO_{2máx}$: consumo máximo de oxigênio, VO_{2pico} : consumo de oxigênio de pico.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo caracterizou-se como um ensaio clínico randomizado, no qual dois grupos de pacientes com DMT2 receberam intervenções (programas de treinamento físico).

3.2. POPULAÇÃO E AMOSTRA

3.2.1. População

A população foi composta por homens e mulheres diabéticos tipo 2, com idade acima de 30 anos, que estivessem em tratamento médico, isentos da prática de exercícios físicos regulares e sistemáticos há pelo menos três meses. Foram adotados como critérios de exclusão a presença de hipertensão não controlada, neuropatia autonômica, neuropatia periférica severa, retinopatia diabética proliferativa, retinopatia diabética não proliferativa severa, insuficiência cardíaca não compensada, amputações periféricas, insuficiência renal crônica (TFG por MDRD < 30) e comprometimento muscular ou articular que impedisse a realização de exercícios físicos. Todos pacientes apresentaram eletrocardiograma de esforço realizado em até no máximo seis meses anteriores ao início do estudo.

3.2.2. Amostra

Os pacientes foram selecionados de forma não aleatória, por voluntariedade. O recrutamento dos sujeitos foi realizado através de consulta a prontuários do setor de endocrinologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA) e por divulgação em jornal de grande circulação (APÊNDICE A).

Um total de 32 prontuários foi observado, sendo 19 considerados possíveis sujeitos amostrais, os quais foram contatados e apenas três aceitaram agendar uma primeira entrevista. Já através da divulgação no jornal, 63 pacientes entraram em contato via telefone, dos quais 54 agendaram uma primeira entrevista. O número de entrevistas iniciais agendadas totalizou 57, sendo realizadas 55. Este primeiro encontro foi realizado no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física (EsEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com o propósito de fornecer uma explicação detalhada dos

procedimentos experimentais envolvidos no estudo e convidar os pacientes a preencherem uma anamnese (APÊNDICE B) composta prioritariamente pelos critérios de inclusão e exclusão do estudo. Após análise desta ficha anamnética, 36 pacientes foram selecionados para o estudo a fim de contemplar o número de 26 pacientes indicados pelo cálculo amostral (dois grupos de 13), sendo inseridos mais cinco em cada grupo para eventuais perdas amostrais durante o estudo. Um destes pacientes desistiu neste contato telefônico de confirmação, finalizando o número total de pacientes selecionados para randomização em 35.

O cálculo amostral foi realizado através do programa PEPI versão 4.0 no qual foram adotados um $\alpha = 0,05$ e um poder de 90%, com base nos desvios-padrão e nas diferenças entre as médias obtidas no estudo de Kwon et al. (2011). Pelas perdas ocorridas no estudo, o “n” amostral final foi menor do que o calculado a priori. Com base nisso, os poderes estatísticos observados nas análises realizadas podem ser visualizados no APÊNDICE C.

Os 35 pacientes foram randomizados em dois grupos, sendo um grupo submetido a um programa de treinamento aeróbico aquático (GTA; n: 17) e o outro a um programa de treinamento aeróbico terrestre (GTT; n: 18). Pelo fato das diretrizes da SBD (2009) e da ADA (2012) recomendarem o exercício físico na terapêutica do DMT2, e serem bem exploradas as respostas do treinamento em meio terrestre nas variáveis de controle da doença, optou-se pela não inclusão de um grupo controle no delineamento do presente estudo, que visou prioritariamente comparar dois diferentes modelos de treinamento físico.

A randomização foi realizada em blocos e estratificada por sexo, visando uma distribuição muito similar de pacientes em cada grupo. Para isso, papéis de formato idêntico foram misturados e sorteados por indivíduo sem envolvimento no estudo. Quando 50% dos pacientes daquele sexo eram alocados em um envelope pardo, os outros automaticamente eram alocados em outro envelope. Após todos estarem alocados, houve o sorteio do tratamento a que cada grupo seria submetido. Este processo foi realizado da mesma forma para homens e mulheres.

Após o período de treinamento foram excluídos os pacientes que não obtiveram o mínimo de 80% de frequência nas sessões e aqueles que apresentaram três faltas consecutivas.

Todos os participantes do estudo foram informados dos procedimentos metodológicos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE D), o qual foi previamente submetido junto ao projeto para a avaliação do Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS (nº: 108997) e do Comitê de Ética do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (nº: 54475). A leitura e a assinatura do termo de consentimento foram realizadas individualmente e anteriormente à realização das primeiras coletas de dados.

3.3. VARIÁVEIS DE ESTUDO

3.3.1. Variáveis Dependentes

3.3.1.1. VARIÁVEIS CARDIORRESPIRATÓRIAS E FUNCIONAIS

- Consumo de oxigênio de pico ($VO_{2\text{pico}}$);
- Consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório (VO_{2LV2});
- Percentual do consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório em relação ao consumo de oxigênio de pico ($\% VO_{2LV2}$);
- Pressão arterial sistólica (PAS);
- Pressão arterial diastólica (PAD);
- Frequência cardíaca de repouso (FC_{rep});
- Velocidade habitual (TUG);
- Velocidade máxima (TUG).

3.3.1.2. VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS

- Glicemia de jejum (GJ);
- Glicemia pós-prandial (GPP);
- Hemoglobina glicada (HbA1c);
- Insulina de jejum (IJ);
- Resistência à insulina (HOMA-IR);
- Colesterol total (CT);
- Lipoproteína de alta densidade (HDL);
- Lipoproteína de baixa densidade (LDL);
- Triglicerídeos (TG);
- Atividade da renina plasmática (ARP);
- Proteína C-Reativa ultra-sensível (PCRus).

3.3.1.2. VARIÁVEIS DE QUALIDADE DE VIDA

- Qualidade de vida geral e nos domínios físico, psicológico, relações sociais e meio ambiente.

3.3.2. Variáveis independentes

- Treinamento aeróbico em meio aquático;
- Treinamento aeróbico em meio terrestre.

3.3.3. Variáveis de controle

- Controle Alimentar

Os pacientes de ambos os grupos foram orientados a não alterar drasticamente seus hábitos alimentares durante o período do estudo. O controle da alimentação foi realizado por meio da aplicação de um registro alimentar de três dias (ANEXO 1). O procedimento de preenchimento foi realizado da seguinte maneira: cada participante registrou todas as bebidas e alimentos consumidos em três dias de uma semana, não consecutivos, sendo dois úteis (dias típicos) e um dia de final de semana (dia atípico). Os registros alimentares foram preenchidos antes e após o período de intervenção. As refeições foram descritas com os horários, as quantidades em medidas caseiras e, quando possível, a marca dos produtos alimentícios. Objetivando a minimização de erros na descrição das porções dos alimentos, foi elaborado um material com fotos, baseado no Registro Fotográfico para Inquéritos Dietéticos (ZABOTTO, 1996), sendo esta uma estratégia de detalhar e padronizar as informações. Após o preenchimento dos registros pelos pacientes, todas as anotações foram conferidas por um pesquisador treinado, para que não houvesse nenhuma dúvida quanto ao descrito. Os registros alimentares foram posteriormente calculados com o auxílio do Software de Nutrição DietWin Profissional (Brubins CAS, Brasil), a fim de quantificar o conteúdo e a qualidade dos alimentos consumidos pelos pacientes. Todos os pacientes receberam orientação de um nutricionista antes de cada semana de realização dos registros a fim de padronizar e possibilitar maior veracidade dos dados. Houve o cuidado por parte dos pesquisadores para que os dias referentes aos registros alimentares não fossem os mesmos dias de coletas sanguíneas, pelo fato do período de jejum a que os pacientes tiveram que permanecer nestes dias comprometer o conhecimento do real consumo calórico.

3.3.4. Variáveis de caracterização da amostra

- Idade;

- Duração do DMT2;
- Sexo;
- Medicação utilizada;
- Estatura (EST);
- Massa corporal (MC);
- Índice de massa corporal (IMC);
- Perímetro de cintura;
- Razão cintura/estatura;
- $\Sigma 8DC$ (mm);
- Percentual de gordura corporal estimado (%G).

3.4. PROCEDIMENTOS PARA COLETA DOS DADOS

Para as coletas de dados foram utilizados instrumentos pertencentes ao Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX), à Escola de Educação Física (EsEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e à Unidade de Bioquímica e Imunoensaios do Serviço de Patologia Clínica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA).

Após aprovação do comite de ética, o recrutamento da amostra foi realizado através dos meios já expostos e a partir da definição dos pacientes amostrais, estes tiveram dois horários disponibilizados para um encontro coletivo, no qual todos foram informados a respeito dos objetivos, riscos e procedimentos envolvidos na pesquisa, além de assinarem o termo de consentimento livre e esclarecido e receberem uma explicação detalhada acerca do modo correto de preenchimento dos registros alimentares.

Na semana subsequente, os pacientes foram submetidos à coleta sanguínea e ao preenchimento dos questionários de qualidade de vida, que foram realizadas entre 08:00 e 12:00. Nesta mesma semana, também foram realizados os testes de mobilidade funcional, a avaliação da composição corporal e a familiarização com o teste máximo em esteira ergométrica, todos entre 14:00 e 18:00. Após esta etapa, os pacientes foram alocados aleatoriamente nos dois grupos experimentais.

Na segunda semana, os pacientes já alocados foram familiarizados com os modelos de treinamento a que posteriormente foram submetidos, ao meio de realização dos treinamentos e aos materiais que utilizaram ao longo das sessões experimentais. Nesta semana, foram agendadas as avaliações cardiorrespiratórias pré-treinamento, que aconteceram na semana seguinte.

Nesta semana de avaliação pré-treinamento, todos pacientes compareceram um dia ao LAPEX para a realização das avaliações cardiorrespiratórias em repouso e para o teste máximo. Os pacientes alocados no GTA compareceram um dia a mais na EsEF para a realização de um teste máximo em piscina funda, no qual foi baseada a prescrição de treinamento deste grupo. Para estes pacientes, foi respeitado um intervalo de 48 a 72h entre os dois testes máximos realizados. Estes testes foram agendados individualmente, de acordo com a agenda do cardiologista que os acompanhou.

Dois professores vinculados à projetos de extensão na EsEF ministraram as sessões de treinamento ao longo das 12 semanas experimentais, estando o pesquisador responsável apenas na supervisão das intervenções.

Finalizados os programas de treinamento, foram repetidos todos os testes e avaliações das variáveis dependentes, começando três dias após o final da última sessão de treinamento para garantia de efeito crônico.

Uma melhor compreensão dos procedimentos referentes às avaliações e intervenções no presente projeto pode ser visualizada na figura 1.

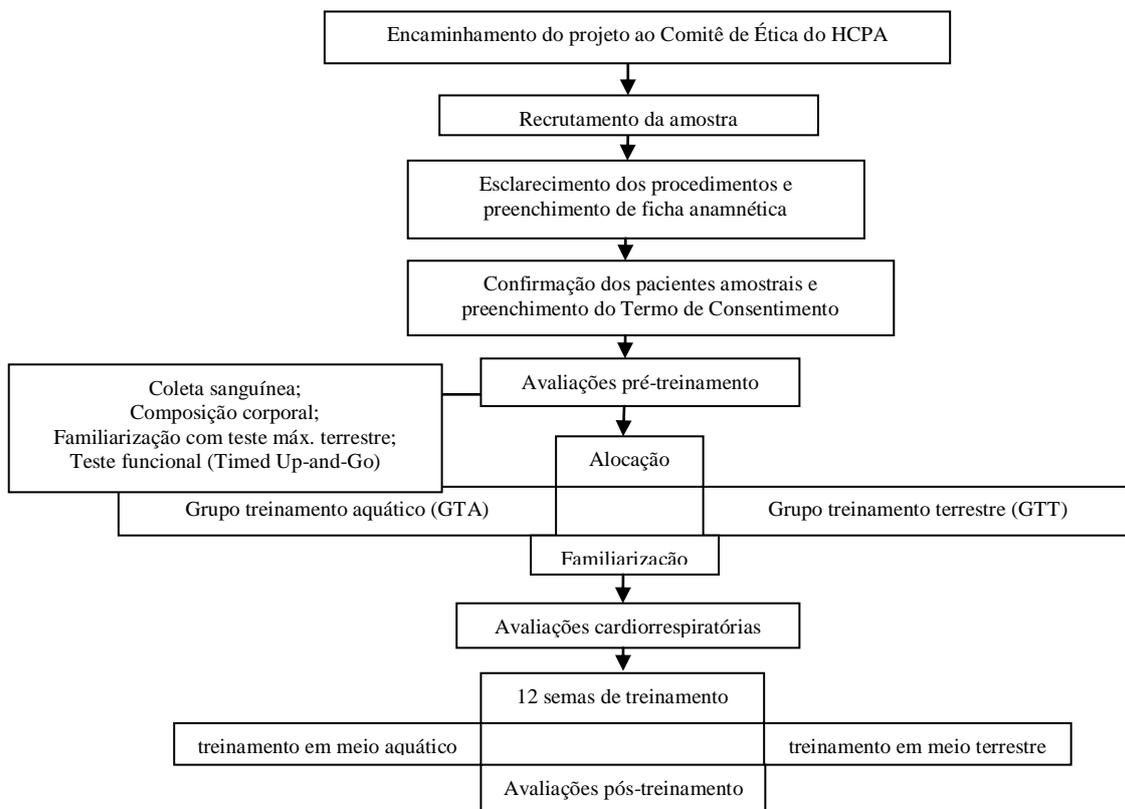


Figura 1: Fluxograma representativo do delineamento experimental.

3.5. TRATAMENTO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES

O presente estudo foi composto de dois grupos experimentais, que foram submetidos a diferentes programas de treinamento, ambos com duração de 12 semanas. Um grupo experimental (GTA) realizou um programa de treinamento aeróbico em piscina funda e o outro grupo experimental (GTT) realizou um programa de treinamento aeróbico em pista atlética. Ambos os programas de treinamento tiveram a duração das sessões equiparada. A intensidade foi manipulada pela FC correspondente ao ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) obtida em testes máximos realizados nos meios em que os pacientes realizaram seus treinamentos. A escolha deste método deve-se a três fatores: estudos demonstram forte correlação entre PDFC e FC_{LV2} , tanto em meio aquático (KANITZ, 2010; ALBERTON et al. 2013), como em meio terrestre (CONCONI et al. 1982; BODNER E RHODES, 2000); métodos simples de determinação de intensidade proporcionam uma maior aplicabilidade no contexto clínico e de *fitness* ao modelo preconizado no estudo; dificuldades logísticas de conduzir-se com sucesso testes máximos em meio aquático, com modalidade não comum aos pacientes e uso de equipamento, podendo este acúmulo de novidades prejudicar os valores de teste. Os dois grupos experimentais realizaram seus treinamentos três vezes por semana (segundas, quartas e sextas-feiras) em horários distintos, porém, ambos no período da tarde. A frequência e distribuição semanal de treinamento foi adotada a partir das recomendações de COLBERG et al. (2010) para exercícios aeróbicos aplicados no tratamento do DMT2, que indicam ao menos três sessões semanais com intervalo entre ambas não maior que dois dias consecutivos pela natureza transitória das melhoras na ação insulínica induzidas pelo exercício.

O programa de treinamento aeróbico em piscina funda foi realizado no Centro Natatório da EsEF- UFRGS e ministrado por um professor de um projeto de extensão desenvolvido neste local, com experiência na prática de ensino da caminhada e corrida em piscina funda, juntamente com dois auxiliares. O programa aeróbico em meio terrestre foi realizado na pista atlética da mesma escola, sendo ministrado por um professor experiente na prescrição de treinamento aeróbico, juntamente com dois auxiliares.

Para um ótimo controle de treinamento, os pacientes treinaram usando um monitor de FC (RSX 300, Polar), com o qual faziam a leitura deste parâmetro informando o valor a um dos três professores que ficavam distribuídos na borda da piscina ou na pista atlética. Estes professores proporcionavam um *feedback* da intensidade adequada aos pacientes. Isso era

possível pelos professores estarem sempre de posse de uma planilha constando os valores de FC_{treino} dos pacientes.

O delineamento da pesquisa compreendeu inicialmente uma semana de familiarização com a técnica de exercício correta e com os materiais que foram utilizados. Posteriormente, foi realizada a avaliação pré-treinamento das variáveis dependentes e em seguida os programas de treinamento foram manipulados nos dois grupos experimentais. Finalizado o período de 12 semanas de treinamento, foi repetido o protocolo de avaliações iniciais para análise pós-treinamento. O quadro 4 demonstra o cronograma das atividades realizadas durante todo o período do estudo.

Quadro 4: Cronograma das avaliações e do período de treinamento.

Semana -3	Semana -2	Semana -1	Semana 0	Semana 12	Semana 13
Coleta sanguínea; Registro alimentar (dia 1) Avaliação da composição corporal; Familiarização com o teste máximo em terra; Teste Up-and-Go.	Familiarização com o treinamento; Agendamento dos testes máximos.	Realização dos testes máximos.	Início do treinamento; Registros alimentares (dias 2 e 3)	Fim do Treinamento	Coletas sanguíneas; Realização dos testes máximos; Realização dos registros alimentares; Teste Up-and-Go

3.5.1. Treinamento aeróbico em piscina funda

As sessões de treinamento tiveram a mesma duração total (45 minutos), sendo constituídas de aquecimento, parte principal e volta calma. O aquecimento consistiu de uma caminhada em piscina funda em intensidade leve durante três minutos. A parte principal foi destinada ao treinamento aeróbico em piscina funda, no qual os indivíduos caminharam e/ou correram, dependendo do seu nível de condicionamento encontrado em teste pré-treinamento. A volta calma consistiu de caminhada em piscina funda em intensidade leve durante dois minutos e alongamento padronizado, enfatizando os músculos trabalhados na parte principal da sessão, com duração total aproximada de cinco minutos.

O quadro 5 demonstra a periodização das 12 semanas do treinamento em meio aquático proposto.

Quadro 5: Periodização de 12 semanas do treinamento de corrida em piscina funda.

Mesociclo	Semana	Modelos das sessões de treinamento	Duração
1	1 - 3	7x (3 min 85 a 90% LV2 com/ 2min <85% LV2)	35 min
2	4 -6	7x (4 min 85 a 90% LV2 com/ 1min <85% LV2)	35 min
3	7 - 9	7x (4 min 90 a 95% LV2 com/ 1min <85% LV2)	35 min
4	10 – 12	7x (4 min 95 a 100% LV2 com/ 1min <85% LV2)	35 min

Legenda: LV2: Segundo limiar ventilatório.

3.5.2. Treinamento aeróbico terrestre

As sessões de treinamento tiveram a mesma duração do programa aeróbico em piscina funda, com idêntica distribuição em aquecimento, parte principal e volta calma. O aquecimento consistiu de uma caminhada em intensidade leve durante três minutos. A parte principal foi destinada ao treinamento de caminhada e/ou corrida terrestre. A volta calma consistiu de caminhada em intensidade leve durante dois minutos e alongamento padronizado, enfatizando os músculos trabalhados na parte principal da aula, com duração total aproximada de cinco minutos.

O treinamento foi periodizado com intensidades referentes ao segundo limiar ventilatório, a partir de um teste máximo em esteira ergométrica. Todo treinamento foi realizado na pista atlética da EsEF – UFRGS, com exceção de dias chuvosos, nos quais as sessões foram transferidas para o ginásio de esportes da mesma escola. A periodização de treinamento foi a mesma do grupo aeróbico em piscina funda (quadro 5), diferindo apenas em relação ao meio de treinamento, pois os sujeitos submetidos a este programa foram testados e treinados somente em meio terrestre.

3.6. INSTRUMENTOS DE MEDIDAS E PROTOCOLOS DE COLETAS

3.6.1. Testes de composição corporal

3.6.1.1. Instrumentos

- Estadiômetro de metal da marca Filizola com resolução de 1mm;
- Balança analógica da marca Filizola com resolução de 0,1kg;

- Plicômetro da marca Cescorf com resolução de 1mm;
- Fita métrica flexível e inelástica da marca Cescorf com resolução de 1mm.

3.6.1.2. Protocolo

Os pacientes compareceram ao local da avaliação conforme o agendamento, com trajés de duas peças. Primeiramente foram realizadas as medidas de estatura (EST) e da massa corporal (MC). Com esses valores foram calculados seus índices de massa corporal (IMC), segundo a fórmula $\text{massa(Kg)}/\text{estatura}^2(\text{m})$ (ANJOS, 1992). Na sequência, foi realizada a medida do perímetro da cintura, no ponto médio entre a crista ilíaca e a última costela. Posteriormente, foram realizadas as medidas de oito dobras cutâneas: tricipital, subescapular, supra-ilíaca, abdominal, peitoral, axilar-média, coxa e perna, sendo todas utilizadas na variável ΣDC . A partir dos dados coletados foi estimada a densidade corporal utilizando-se as equações de Petroski (1995) para homens e mulheres. O percentual de gordura corporal foi estimado através da fórmula de Siri *apud* Heyward & Stolarczyk (2000). As dobras cutâneas (DC) foram medidas na mesma ordem três vezes cada, sendo que, se as duas primeiras medidas apresentassem o mesmo valor, a terceira medida não fosse realizada. Quando as três medidas apresentaram valores diferentes, foi utilizado o valor de mediana das mesmas. Todas as coletas de composição corporal foram realizadas pelo mesmo avaliador treinado e anotadas em uma ficha de coleta (APÊNDICE E).

3.6.2. Teste para mensuração do consumo de oxigênio de pico ($\text{VO}_{2\text{pico}}$) e consumo de oxigênio no 2º limiar ventilatório ($\text{VO}_{2\text{LV}2}$)

3.6.2.1. Instrumentos

- Esteira ergométrica modelo 10200 ATL da marca Imbramed (Porto Alegre, Brasil), com resolução de velocidade e inclinação de $0,1 \text{ Km}\cdot\text{h}^{-1}$ e 1%, respectivamente;
- Analisador de gases portátil do tipo caixa de mistura VO2000, da marca INBRAMED;
- Pneumotacógrafo, com variação de 2 a $225 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ para fluxos baixo, médio e alto;
- Máscara de neoprene;
- Monitor de frequência cardíaca, modelo FT1, da marca POLAR.

3.6.2.2. Protocolo e tratamento dos dados

O teste máximo em esteira ergométrica foi realizado com a finalidade de determinar o consumo de oxigênio de pico ($VO_{2\text{pico}}$) e o consumo de oxigênio no 2º limiar ventilatório (VO_{2LV2}) (Figura 2). Para tanto, os indivíduos foram posicionados sentados em uma cadeira sobre a esteira, onde colocaram a máscara de neoprene. A coleta teve início com o paciente em repouso. Para o início do teste, a taxa de troca respiratória (RER) deveria estar abaixo de 0,85.

Foi utilizado um protocolo (APÊNDICE F), que consistiu de uma velocidade inicial de 3 km/h durante três minutos, com incrementos de 1 km/h a cada dois minutos, com inclinação fixa (1%). Este protocolo foi criado para o presente estudo, visando que os pacientes atingissem o esforço máximo sem grandes incrementos na inclinação da esteira, uma vez que este teste também serviu para prescrição de treinamento do grupo (GTT). A frequência cardíaca foi registrada a cada 10 segundos de teste e a percepção de esforço foi registrada no final de cada estágio do teste. O teste foi conduzido até exaustão voluntária (sinalizada por gestos manuais). A avaliação foi considerada válida quando algum dos seguintes critérios foi alcançado ao final do teste (HOWLEY et al. 1995): 1) obtenção da $FC_{\text{máx}}$ estimada ($220 - \text{idade}$); 2) ocorrência de um platô no VO_2 com o aumento da velocidade da esteira; 3) obtenção de um RER maior que 1,1; 4) percepção de esforço maior que 17 (muito intenso – Escala RPE de Borg).

Todas as coletas de $VO_{2\text{pico}}$ foram realizadas pelo mesmo avaliador treinado, com a presença de um cardiologista, sendo os valores anotados em uma ficha de coleta (APÊNDICE E). A temperatura do laboratório foi mantida entre 24 e 26°C em todos os testes realizados.

A ventilação (VE), assim como consumo de oxigênio (VO_2) e dióxido de carbono (CO_2) foram coletados a cada três respirações. O sistema analisador dos gases foi automaticamente calibrado antes de cada teste. O maior valor de VO_2 atingido durante o teste foi considerado o consumo de oxigênio de pico ($VO_{2\text{pico}}$). O LV2 foi determinado através da curva de ventilação e confirmado pela curva dos equivalentes ventilatórios (Ve/VO_2 e Ve/VCO_2) (WASSERMAN et al. 1973). As curvas foram analisadas por dois fisiologistas experientes e independentes, de forma cega. O ponto foi considerado válido quando o mesmo valor era encontrado pelos avaliadores. Caso contrário, um terceiro fisiologista era solicitado e após sua análise, era considerado válido o ponto em comum entre dois avaliadores ou a mediana dos três valores encontrados.



Figura 2: Teste máximo em esteira ergométrica.

3.6.3. Teste máximo de corrida em piscina funda

3.6.3.1. Instrumentos

- Monitor de frequência cardíaca, modelo FT1, da marca POLAR;
- CD gravado com cadências registradas por metrônomo;
- Colete flutuador de EVA;
- Cabo para fixar o colete flutuador dos indivíduos à extremidade da piscina.

3.6.3.2. Protocolo

O teste máximo de corrida em piscina funda teve a finalidade de determinar a FC_{LV2} para prescrição do treinamento, sendo esta monitorada a cada 10 segundos durante todo o teste (Figura 3). O protocolo utilizado foi baseado no estudo de Kanitz (2010), consistindo em uma cadência inicial de 85 bpm durante três minutos, com incrementos de 15 bpm a cada dois minutos, até exaustão voluntária. As cadências foram reproduzidas durante o teste por um CD com a gravação das cadências utilizadas durante o protocolo. O teste foi realizado com um cabo acoplado aos pacientes através de um colete flutuador com a outra extremidade fixa na borda. Além disso, foi solicitado aos pacientes que mantivessem a mesma amplitude de passada durante todo o teste, sendo para isso auxiliados através de *feedback* do pesquisador. O teste foi interrompido quando o indivíduo indicasse a exaustão ou quando o mesmo não conseguisse manter o ritmo proposto pelo metrônomo e a amplitude da passada.

Para as realizações de ambos os testes máximos foi respeitado um intervalo mínimo de 48 horas entre eles, e os indivíduos foram instruídos a não se alimentarem três horas antes dos

testes e a não consumirem estimulantes. Além disso, foi pedido aos pacientes que não praticassem atividades físicas intensas nas 12 horas anteriores ao teste (COOKE, 1996).



Figura 3: Teste máximo em piscina funda.

3.6.4. Medidas cardiorrespiratórias (FC e PA) de repouso

3.6.4.1. Instrumentos

- Monitor de frequência cardíaca, modelo FT1, da marca POLAR;
- Monitor de pressão arterial oscilométrico com gravador ABPM – 04 de MAPA, com interface ótica, da marca MEDITECH.

3.6.4.2 Protocolo

Para avaliar a FC, PAS e PAD dos pacientes na situação de repouso, estes permaneceram 10 minutos sentados, em um ambiente sem ruídos e com temperatura entre 24-26°C. Foi considerada como FC_{rep} o menor valor de FC encontrado durante os três minutos finais de repouso. Após o período de 10 minutos, foram mensuradas a PAS e a PAD.

3.6.5. Medidas bioquímicas (Coletas e análises sanguíneas)

3.6.5.1. Instrumentos

- Agulhas
- Seringas
- Garrotes

- Álcool
- Algodão
- Micropore
- Tubos cônicos
- Microtubo de propileno de Eppendorf (1,5 ml)
- Centrífuga ALC PK 120
- Equipamento automatizado Advia 1800
- Equipamento ADVIA CENTAUR XP, Siemens
- Reagentes para análises lipídicas, glicêmicas, insulínicas e dos níveis de PCRus (SIEMENS)
- Kit de radioimunoensaio da ARP GAMMACOAT (DiaSorin)

3.6.5.2. Protocolo

Para a realização das medidas sanguíneas, os pacientes compareceram ao laboratório de bioquímica do LAPEX em jejum de 12 a 14 horas, ficaram sentados em repouso durante 30 minutos e posteriormente realizaram a primeira coleta sanguínea. Nesta, foram retiradas amostras de sangue de 13ml em veia da região antecubital, utilizando material descartável. Estas amostras foram aliquotadas em três partes, sendo 4ml para posterior análise da ARP, 4ml para posterior análise de HbA1c e os demais 5ml para posterior análise de GJ, IJ, CT, HDL, TG e PCRus.

Imediatamente após a primeira coleta sanguínea os pacientes consumiram uma solução de glicose aromatizada para teste oral de tolerância a glicose (75g de glicose - dextrose anidra - diluídas em 300 ml – GLUP UP 75 da marca *NEW PROV*), aguardaram 120 minutos em repouso e foram submetidos a uma outra coleta sanguínea. Nesta, foram retiradas amostras de sangue de 4ml para análise da GPP.

As amostras para análise da ARP foram coletadas em tubos com EDTA, previamente no gelo, sendo estes usados para a coleta do material e mantidos no gelo até a centrifugação, nunca ultrapassando 30 minutos entre coleta e centrifugação. Este material foi centrifugado a 1500 giros durante 10 minutos, em temperatura de -4°C. Após a centrifugação, 1ml de plasma foi coletado em tubo seco e armazenado no mesmo laboratório em temperatura de -20°C. As amostras para análise dos níveis de HbA1c também foram coletadas em tubos com EDTA e não passaram por processo de centrifugação, sendo logo em seguida armazenadas as amostras de sangue total em temperatura de -80°C. As amostras para análise das demais variáveis bioquímicas foram coletadas em tubo seco com gel ativador de coágulo. Após, este material

foi centrifugado da mesma maneira das amostras para ARP e posteriormente o soro foi colocado em um tubo seco, armazenado em -80°C.

Após o período de coletas, todas amostras foram levadas até a Unidade de Bioquímica e Imunoensaio do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, onde foram analisadas. As amostras sanguíneas foram mantidas e transportadas de forma a não prejudicar as posteriores análises. Estas recomendações foram fornecidas por bioquímicos da Unidade de Bioquímica e Imunoensaio do HCPA anteriormente às coletas.

As análises laboratoriais foram realizadas seguindo o padrão de excelência do Laboratório de Patologia Clínica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre.

Os níveis de GJ e GPP foram mensurados por método enzimático, utilizando as enzimas hexoquinase e glicose-6-fosfato desidrogenase. Os níveis de HDL foram mensurados através do método de eliminação/catalase. Os níveis de CT e TG foram mensurados através do método enzimático, seguindo Trinder. Já os níveis de LDL foram analisados pela equação proposta por Friedewald et al. (1972).

Os níveis de IJ foram quantificados por imunoensaio do tipo sanduiche realizado através de tecnologia quimioluminométrica direta. A resistência a insulina foi estimada utilizando o modelo de avaliação da homeostase de resistência a insulina (HOMA-IR), o qual tem sido muito usado em estudos com diabéticos. A seguinte fórmula foi utilizada: $HOMA-IR = [glicemia\ de\ jejum\ (mmol / L) * insulina\ de\ jejum\ (uU / ml)] / 22,5$.

Os níveis de HbA1c foram mensurados através de cromatografia líquida de alta performance (HPLC). Os níveis de PCRus foram mensurados em um teste PCR de intervalo largo pelo método de imunoturbidimetria intensificada por látex e a determinação quantitativa da ARP foi realizada através de radioimunoensaio da angiotensina I gerada.

3.6.6. Qualidade de vida

3.6.6.1. Instrumentos

- WHOQOL-Breve.

3.6.6.2. Protocolo

Para avaliação da qualidade de vida foi utilizado o instrumento WHOQOL-breve (FLECK et al. 2000). Este instrumento é auto-aplicável, transcultural, traduzido e validado para o português, sendo constituído de 26 perguntas. Sua pontuação varia entre zero e 100

pontos, divididos nos domínios físico, psicológico, relações sociais e meio ambiente, além de uma avaliação da qualidade de vida geral.

3.6.7. Teste para mensuração da mobilidade funcional (Timed Up-and-Go - TUG)

3.6.7.1. Instrumentos

- 1 cadeira;
- 1 cronômetro, da marca Herweg, modelo 8904, resolução de 1/100 segundos;
- 1 cone.

3.6.7.2. Protocolo

A partir da posição sentada em uma cadeira (com costas apoiadas), os sujeitos levantavam da mesma (sem auxílio das mãos), caminhavam e contornavam um cone posicionado no solo a 3 m de distância, voltando e sentando (com as costas apoiadas). Três tentativas foram feitas em cada uma das velocidades: habitual (TUG-h) e máxima (TUG-m), com intervalo de 3 minutos entre cada tentativa, sendo registrado o menor tempo de cada velocidade (PODSIADLO & RICHARDSON, 1991).

3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

O tamanho amostral foi calculado com referência à HbA1c (desfecho primário) conforme descrito na seção 3.2.2. Como estatística descritiva, foram usados os valores de média e desvio padrão. A normalidade e a homogeneidade dos dados foram testadas através dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Os dados que não apresentaram distribuição normal foram logaritmicamente transformados em base 10, para posterior aplicação de estatística paramétrica.

A comparação entre grupos no momento pré-intervenção foi realizada usando o teste t de Student para amostras independentes em variáveis contínuas e usando o teste de Qui-quadrado em variáveis categóricas.

O presente ensaio clínico teve como objetivo comparar os resultados médios das variáveis de estudo entre os momentos pré e pós intervenção (efeito tempo) e entre os grupos (efeito grupo). Assim, análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas com fator grupo foi usada para comparações entre os diferentes momentos em ambos os grupos. Também foi

verificado se houve interação entre os resultados. A interação pode indicar se os grupos reagiram de maneira diferente em um dos momentos específicos e avaliar se existe diferença entre os valores pré e o pós-intervenção em apenas um determinado grupo.

O índice de significância adotado foi de 0,05. Para o tratamento estatístico dos dados, utilizou-se o SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versão 18.0.

3.8. ASPECTOS ÉTICOS

Os pacientes foram informados dos objetivos da investigação, forneceram consentimento para a pesquisa e tiveram acesso aos exames e testes realizados. As identidades dos pacientes não foram reveladas, mantendo assim, o sigilo adequado ao comportamento científico. Todos participantes tiveram a opção de desistirem do estudo durante todo o período experimental. Após o término do estudo, os pacientes foram incentivados a manterem-se praticando exercícios físicos regularmente.

O presente ensaio clínico foi realizado de acordo com as diretrizes e normas vigentes para realização de pesquisa envolvendo seres humanos, sobretudo com a resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS) 196/96.

4. RESULTADOS

4.1. Fluxo dos participantes

Deixaram de participar do estudo um total de 10 pacientes (três do GTA, sendo dois por problemas familiares e um por mudança de endereço e sete do GTT, sendo dois por injúrias articulares, um por depressão, um por problemas familiares, um por acidente, um por modificações na rotina laboral e um que não informou o motivo). No GTA, dos 14 pacientes que finalizaram o protocolo de treinamento, dois não obtiveram a frequência mínima de participação ao longo das 12 semanas (80%). No GTT, dos 11 pacientes que finalizaram o protocolo de treinamento, esta situação ocorreu apenas em um caso. A população final do estudo consistiu de $n = 21$ pacientes realizando as intervenções. Dessa forma, foram incluídos para análise estatística (GTA, $n = 11$) e (GTT; $n = 10$), representando uma taxa de perda de 36 e 44% no GTA e GTT, respectivamente. Na figura 2, pode ser visualizado um fluxograma dos pacientes ao longo do estudo.

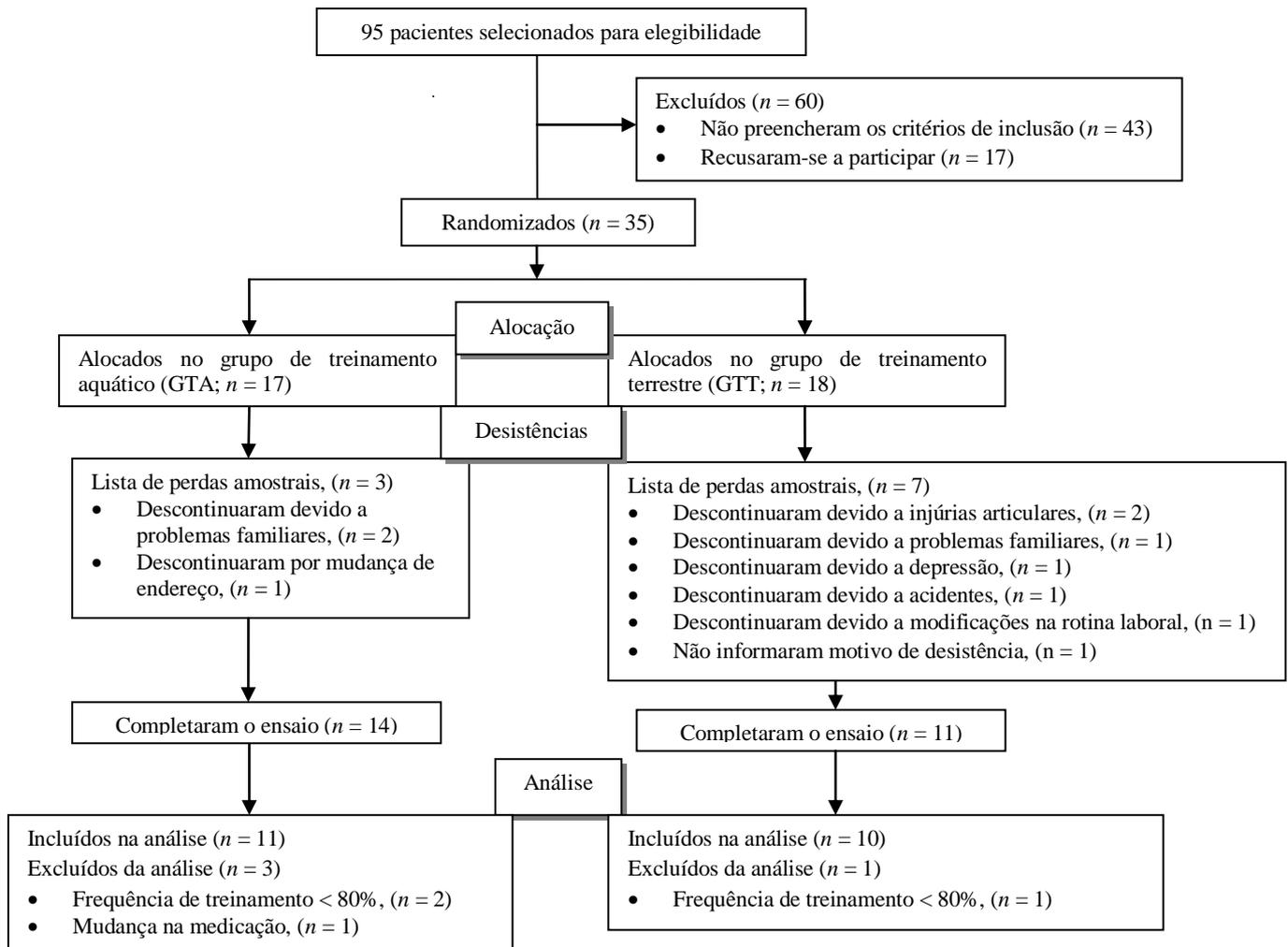


Figura 4: Processo de inclusão dos pacientes

4.2. Homogeneidade e normalidade dos dados

Os dois grupos foram considerados homogêneos quanto à variância dos dados. Em relação à normalidade, os dados de idade, duração do DMT2, estatura, composição corporal, cardiorrespiratórios, funcionais e de qualidade de vida apresentaram distribuição normal, assim como as variáveis bioquímicas IJ, GPP, CT, HDL e LDL. Já as variáveis GJ, HOMA, HbA1c, TG, PCRus e ARP não apresentaram normalidade em suas distribuições, sendo estas transformadas logaritmicamente em base 10. Após esta transformação, a distribuição destes dados apresentou normalidade, possibilitando a utilização dos testes estatísticos paramétricos anteriormente citados no item 3.7 para todas as variáveis dependentes do presente estudo.

4.3. Caracterização da amostra e frequência de treinamento

A caracterização da amostra final (sujeitos analisados) está apresentada na tabela 1, através de médias e desvios-padrão para as variáveis idade, duração do DMT2, variáveis de composição corporal, juntamente com a descrição do número de pacientes masculinos e femininos em cada grupo e a medicação utilizada pelos pacientes. Os grupos apresentaram diferenças significativas no momento pré-intervenção apenas para as variáveis massa corporal, IMC e $\sum 8DC$.

Com relação à frequência de treinamento dos sujeitos analisados nas 36 sessões experimentais, não houve diferença significativa entre os grupos (GTT: 33 ± 2 sessões; $92,2 \pm 5,8\%$ vs. GTA: 32 ± 2 sessões; $89,7 \pm 3,5\%$).

Tabela 1: Caracterização da amostra.

	GTA (<i>n</i> = 11)	GTT (<i>n</i> = 10)	Valor de <i>p</i>
Idade (anos)	55,64 ± 9,43	60,10 ± 7,72	0,471
Duração do DMT2 (anos)	4,57 ± 2,69	8,10 ± 6,08	0,174
Estatura (metros)	1,65 ± 0,10	1,61 ± 0,08	0,359
Massa corporal (kg)	93,38 ± 14,80	78,45 ± 12,50	0,023*
IMC (kg/m ²)	34,27 ± 3,99	30,14 ± 3,82	0,026*
Perímetro de cintura	111,74 ± 11,82	104,38 ± 12,24	0,189
RCE	0,68 ± 0,07	0,65 ± 0,07	0,377
∑8DC (mm)	270,20 ± 49,90	226,22 ± 62,78	0,013*
Percentual de gordura	37,78 ± 4,11	35,07 ± 6,14	0,133
Sexo (F/M)	6/5	5/5	> 0,999
Metformina	10	10	> 0,999
Sulfoniluréias	4	2	0,635
Inibidores da DPP-4	1	2	0,586
Pioglitazona	1	0	> 0,999
Diuréticos	3	5	0,387
Beta-bloqueadores	4	3	> 0,999
Inibidores da ECA	2	3	0,635
ARA II	4	3	> 0,999
Bloqueadores dos canais de cálcio	1	1	> 0,999
Ácido acetilsalicílico	4	4	> 0,999
Estatinas	6	6	> 0,999
Insulina	2	1	> 0,999

DPP-4: dipeptidyl peptidase-4; ECA: Enzima conversora de angiotensina; ARAs: Antagonistas dos receptores de angiotensina; IMC: índice de massa corporal; RCE: relação cintura/estatura; ∑8DC: somatório de 8 dobras cutâneas;

Dados de idade, duração do DMT2 e variáveis de composição corporal são apresentados como média ± DP, α : 0,05;

Dados de sexo e medicação utilizada são representados pelo *n*;

* indica diferença estatisticamente significativa entre grupos.

4.4. Características cardiorrespiratórias, funcionais, bioquímicas e de qualidade de vida no momento pré-intervenção

No momento pré-intervenção, os grupos demonstraram similaridade em todas as variáveis cardiorrespiratórias, funcionais, bioquímicas e de qualidade de vida. Estas análises estão demonstradas na tabela 2.

Tabela 2: Características dos pacientes nas variáveis cardiorrespiratórias, funcionais, bioquímicas e de qualidade de vida antes do treinamento.

	GTA (n = 11)	GTT (n = 10)	Valor de p
VO _{2pico} (ml.kg.min ⁻¹)	21,03 ± 6,67	22,04 ± 4,71	0,633
VO _{2LV2} (ml.kg.min ⁻¹)	14,25 ± 4,01	15,60 ± 2,79	0,595
% VO _{2LV2}	69,76 ± 12,52	69,08 ± 7,09	0,887
PAS (mmHg)	130,09 ± 13,60	128,10 ± 10,27	0,711
PAD (mmHg)	73,73 ± 9,05	75,70 ± 11,03	0,658
FCrep (bpm)	72,55 ± 7,97	72,20 ± 11,27	0,936
TUG-Vel. hab (seg)	8,09 ± 0,88	8,70 ± 0,91	0,140
TUG-Vel. máx (seg)	6,51 ± 0,73	7,08 ± 1,07	0,165
GJ (mg/dl)	169,82 ± 102,08	156,50 ± 55,45	0,937
GPP (mg/dl)	230,18 ± 113,95	296,11 ± 89,89	0,168
HbA1c (%)	7,43 ± 2,76	7,00 ± 1,51	0,818
IJ (uU/ml)	19,08 ± 5,96	14,11 ± 7,19	0,100
HOMA	7,99 ± 5,25	4,84 ± 1,87	0,083
CT (mg/dl)	186,55 ± 22,28	180,10 ± 43,41	0,669
HDL (mg/dl)	40,00 ± 6,69	41,70 ± 7,86	0,559
LDL (mg/dl)	105,76 ± 17,94	104,38 ± 45,45	0,993
TG (mg/dl)	231,82 ± 146,12	170,10 ± 86,11	0,259
ARP (ng/ml/h)	10,82 ± 16,46	6,74 ± 8,80	0,986
PCRus (mg/L)	6,32 ± 8,16	5,52 ± 7,07	0,255
Qualidade de vida geral	56,25 ± 21,44	57,85 ± 16,28	0,612
QV-Domínio Físico	59,28 ± 15,98	60,47 ± 14,50	0,898
QV-Domínio psicológico	69,58 ± 9,63	62,91 ± 9,51	0,097
QV-Relações sociais	66,66 ± 13,60	63,22 ± 16,27	0,522
QV-Domínio ambiental	61,56 ± 10,10	61,87 ± 17,72	0,921

VO_{2pico}: consumo de oxigênio de pico; VO_{2LV2}: consumo de oxigênio no 2º limiar ventilatório; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica de repouso; FCrep: frequência cardíaca de repouso; GJ: glicemia de jejum; GPP: glicemia pós-prandial; HbA1c: hemoglobina glicada; IJ: insulina de jejum; HOMA-IR: modelo de avaliação da homeostase da resistência a insulina; CT: colesterol total; HDL: lipoproteína de alta densidade; LDL: lipoproteína de baixa densidade; TG: triglicerídeos; ARP: atividade da renina plasmática; PCRus: proteína C-reativa ultra-sensível.

Dados são apresentados como média ± DP. α : 0,05.

4.5. Variáveis referentes ao controle alimentar

Com o objetivo de controlar os hábitos alimentares dos pacientes, foi utilizado o registro alimentar de três dias. Este instrumento foi preenchido antes e após o período de treinamento. Apenas sete pacientes de cada grupo entregaram os três registros conforme indicado. Devido a este “n” reduzido, optou-se por apresentar os dados referentes ao valor energético total e à distribuição percentual dos macronutrientes de forma descritiva, conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3: Variáveis de controle alimentar através de registros alimentares de 3 dias para o grupo de treinamento aquático (GTA) e o grupo de treinamento terrestre (GTT) antes e após o período de treinamento.

Características	GTA (n = 7)		GTT (n = 7)	
	Pré	Pós	Pré	Pós
Valor energético total (kcal)	2243,7 ± 946,7	2031,7 ± 789,3	1882,6 ± 586,9	1879,7 ± 832,9
Carboidratos (%)	52,4 ± 8,3	56,9 ± 10,2	50,1 ± 9	56,1 ± 9,8
Proteínas (%)	18,3 ± 6,7	17,4 ± 5,2	22,8 ± 6,6	20,1 ± 5,8
Lipídeos (%)	29,2 ± 6,3	25,6 ± 7,7	26,9 ± 5,2	23,7 ± 6,7

Dados são apresentados como média ± DP.

4.6. Variáveis cardiorrespiratórias e funcionais

Os resultados referentes às variáveis cardiorrespiratórias ($VO_{2\text{pico}}$, VO_{2LV2} , $\%VO_{2LV2}$, PAS, PAD, FC_{rep}) e à mobilidade funcional (teste *Timed Up-and-Go* – TUG – realizado em velocidade habitual e máxima) são apresentados na tabela 4. Por lesão de joelho ocorrida no dia anterior ao teste em um dos pacientes do GTT, impossibilitando a realização do teste incremental, este grupo teve um (n=9) para os dados de $VO_{2\text{pico}}$, VO_{2LV2} e $\%VO_{2LV2}$.

Nenhum efeito significativo foi encontrado nos valores de $VO_{2\text{pico}}$, VO_{2LV2} , PAS e PAD no presente estudo. Aumentos significativos foram encontrados em ambos os grupos no $\%VO_{2LV2}$ em relação ao $VO_{2\text{pico}}$ (efeito tempo, $p = 0,032$). Em relação à FC_{rep} , ambos os grupos sofreram reduções significativas (efeito tempo, $p = 0,011$) após os programas de treinamento, bem como uma melhora na mobilidade funcional, diminuindo os valores no TUG em velocidade habitual (efeito tempo, $p = 0,019$) e máxima (efeito tempo, $p = 0,014$). Nenhuma das variáveis apresentou interação tempo*grupo significativa.

As figuras destas e das demais variáveis dependentes são apresentadas no apêndice G.

Tabela 4: Variáveis cardiorrespiratórias e funcionais para o grupo de treinamento aquático (GTA) e o grupo de treinamento terrestre (GTT) antes e após o período de treinamento.

Variáveis	GTA (n = 11)			GTT (n = 10)			Tempo	Grupo	Tempo *Grupo
	Pré	Pós	Δ%	Pré	Pós	Δ%			
VO₂pico (ml.kg.min ⁻¹)	21,03 ± 6,67	19,74 ± 4,58	-6,13	22,04 ± 4,71	19,38 ± 4,65	-12,07	0,084	0,880	0,533
VO₂LV2 (ml.kg.min ⁻¹)	14,25 ± 4,01	14,75 ± 2,57	3,51	15,60 ± 2,79	14,76 ± 3,83	-5,38	0,853	0,584	0,459
%VO₂LV2	69,76 ± 12,52	76,65 ± 13,63	-	69,08 ± 7,09	79,34 ± 9,77	-	0,032**	0,654	0,775
PAS (mmHg)	130,09 ± 13,60	124,09 ± 15,31	-4,61	128,10 ± 10,27	122,90 ± 16,56	-4,06	0,121	0,760	0,909
PAD (mmHg)	73,73 ± 9,05	72,00 ± 9,74	-2,35	75,70 ± 11,03	71,80 ± 9,75	-5,15	0,210	0,815	0,622
FCrep (bpm)	72,55 ± 7,97	67,27 ± 7,34	-7,28	72,20 ± 11,27	66,90 ± 11,56	-7,34	0,011**	0,925	0,994
TUG-Vel.hab (seg)	8,09 ± 0,88	7,63 ± 0,67	-5,69	8,70 ± 0,91	8,28 ± 0,73	-4,83	0,019**	0,055	0,896
TUG-Vel.máx (seg)	6,51 ± 0,73	6,16 ± 0,53	-5,38	7,08 ± 1,07	6,58 ± 0,63	-7,06	0,014**	0,105	0,648

VO₂pico: consumo de oxigênio de pico, VO₂LV₂: consumo de oxigênio no 2º limiar ventilatório, PAS: pressão arterial sistólica, PAD: pressão arterial diastólica de repouso, FCrep: frequência cardíaca de repouso, Duração: duração de exercício, TUG-Vel.hab: velocidade habitual avaliada no teste TUG, TUG-Vel.máx: velocidade máxima avaliada no teste TUG;

Dados são apresentados como média ± DP e deltas percentuais; α : 0,05.

Análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas com fator grupo;

**indica diferença significativa entre os momentos pré e pós treinamento;

Deltas percentuais de variáveis expressas originalmente por % não são apresentados.

4.7. Variáveis bioquímicas

Os resultados referentes às variáveis bioquímicas (GJ, GPP, HbA1c, IJ, HOMA-IR, CT, HDL, LDL, TG, ARP, PCRus) são apresentados na tabela 5. Pelo fato do LDL ser estimado, não foi possível quantificá-lo em dois pacientes do GTA, por estes possuírem valores de TG acima de 400 mg/dl, o que torna a estimativa de LDL contraindicada (FRIEDEWALD, 1972).

Analisando os desfechos glicêmicos, ambos os grupos apresentaram uma redução significativa (efeito tempo) nos valores de HbA1c ($p = 0,035$), a qual é desfecho primário do presente estudo. O mesmo não ocorreu com as medidas de GJ e GPP, que não sofreram alterações significativas após as intervenções propostas. Este comportamento foi encontrado também na análise dos valores de IJ e resistência a insulina (HOMA-IR), que apresentaram apenas diferença entre os grupos (IJ, $p = 0,039$ e HOMA-IR, $p = 0,032$), porém

sem interação significativa. No perfil lipídico, apenas os valores de TG não demonstraram alterações após o treinamento, tendo ocorrido redução significativa (efeito tempo) nos níveis de CT ($p = 0,054$), HDL ($p < 0,001$) e LDL ($p = 0,034$). O mesmo comportamento ocorreu na ARP ($p = 0,035$) e nos níveis de PCRus ($p = 0,001$).

Tabela 5: Variáveis bioquímicas para o grupo de treinamento aquático (GTA) e o grupo de treinamento terrestre (GTT) antes e após o período de treinamento.

Variáveis	GTA (n = 11)			GTT (n = 10)			Tempo	Grupo	Tempo* Grupo
	Pré	Pós	Δ%	Pré	Pós	Δ%			
GJ (mg/dl)	169,82 ± 102,08	160,18 ± 59,16	-5,67	156,50 ± 55,45	134,60 ± 25,88	-13,99	0,272	0,602	0,266
GPP (mg/dl)	230,18 ± 113,95	225,64 ± 121,27	-1,97	296,11 ± 89,89	277,33 ± 70,64	-6,34	0,430	0,198	0,628
HbA1c (%)	7,43 ± 2,76	7,04 ± 1,95	-	7,00 ± 1,51	6,65 ± 1,28	-	0,035**	0,750	0,706
IJ (uU/ml)	19,08 ± 5,96	25,74 ± 17,54	25,87	14,11 ± 7,19	13,29 ± 6,20	-5,81	0,243	0,039*	0,140
HOMA-IR	7,99 ± 5,25	11,58 ± 12,07	31,00	4,84 ± 1,87	4,35 ± 2,01	-10,12	0,856	0,032*	0,120
CT (mg/dl)	186,55 ± 22,28	170,09 ± 26,48	-8,82	180,10 ± 43,41	177,70 ± 27,88	-1,33	0,054**	0,964	0,142
HDL (mg/dl)	40,00 ± 6,69	34,55 ± 6,01	-13,63	41,70 ± 7,86	38,20 ± 7,57	-8,39	<0,001**	0,366	0,357
LDL (mg/dl)	105,76 ± 17,94	95,76 ± 19,44	-9,46	104,38 ± 45,45	98,16 ± 34,83	-5,96	0,034**	0,972	0,597
TG (mg/dl)	231,82 ± 146,12	223,18 ± 157,34	-3,73	170,10 ± 86,11	206,70 ± 116,65	21,52	0,344	0,546	0,277
ARP (ng/ml/h)	10,82 ± 16,46	1,19 ± 1,27	-89,00	6,74 ± 8,80	2,84 ± 5,21	-57,86	0,035**	0,761	0,658
PCRus (mg/L)	6,32 ± 8,16	1,94 ± 1,01	-69,30	5,52 ± 7,07	3,60 ± 5,56	-34,60	0,001**	0,299	0,650

GJ: glicemia de jejum, GPP: glicemia pós-prandial, HbA1c: hemoglobina glicada, IJ: insulina de jejum, HOMA-IR: modelo de avaliação da homeostase da resistência a insulina, CT: colesterol total, HDL: lipoproteína de alta densidade, LDL: lipoproteína de baixa densidade, TG: triglicerídeos, ARP: atividade da renina plasmática, PCRus: proteína C-reativa ultra-sensível;

Dados são apresentados como média ± DP e deltas percentuais; α : 0,05.

Análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas com fator grupo;

*indica diferença significativa entre os grupos;

**indica diferença significativa entre os momentos pré e pós treinamento;

Deltas percentuais de variáveis expressas originalmente por % não são apresentados.

4.8 Variáveis de qualidade de vida

Os resultados referentes aos escores de qualidade de vida geral e nos domínios físico, psicológico, relações sociais e ambiental são apresentados na tabela 6. Devido a motivos profissionais, um paciente do GTA não pode permanecer no local de avaliação da qualidade de vida no momento posterior a intervenção, sendo esta análise realizada com ($n = 10$) neste grupo.

Ambos os grupos apresentaram uma melhora significativa (efeito tempo) na qualidade de vida relacionada aos domínios físico ($p = 0,019$) e psicológico ($p = 0,027$). Já a qualidade de vida relacionada aos domínios relações sociais e ambiental assim como a qualidade de vida geral não foram modificadas significativamente através das intervenções propostas.

Tabela 6: Escores de qualidade de vida geral e nos domínios físico, psicológico, relações sociais e ambiental para o grupo de treinamento aquático (GTA) e o grupo de treinamento terrestre (GTT) antes e após o período de treinamento.

Qualidade de vida	GTA ($n = 10$)			GTT ($n = 10$)			Tempo	Grupo	Tempo* Grupo
	Pré	Pós	$\Delta\%$	Pré	Pós	$\Delta\%$			
Qualidade de vida geral	56,25 \pm 21,44	71,25 \pm 14,49	26,67	57,85 \pm 16,28	60,80 \pm 24,93	5,10	0,123	0,527	0,292
Domínio Físico	59,28 \pm 15,98	66,78 \pm 12,71	12,65	60,47 \pm 14,50	66,90 \pm 16,36	10,63	0,019**	0,916	0,844
Domínio psicológico	69,58 \pm 9,63	72,08 \pm 12,88	3,59	62,91 \pm 9,51	67,91 \pm 11,46	7,95	0,027**	0,259	0,431
Relações sociais	66,66 \pm 13,60	64,16 \pm 15,73	-3,75	63,22 \pm 16,27	62,18 \pm 19,93	-1,65	0,544	0,696	0,802
Domínio ambiental	61,56 \pm 10,10	65,31 \pm 10,46	6,09	61,87 \pm 17,72	66,56 \pm 13,58	7,58	0,196	0,879	0,883

Dados são apresentados como média \pm DP e deltas percentuais; α : 0,05.

Análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas com fator grupo;

**indica diferença significativa entre os momentos pré e pós treinamento.

5. DISCUSSÃO

Os principais resultados do presente estudo são que o treinamento aeróbico em meio aquático pode ser implementado no tratamento do DMT2, assim como o treinamento aeróbico em meio terrestre, que possui um incomparável suporte literário a respeito dos seus efeitos no controle glicêmico. O modelo de prescrição de treinamento utilizado no presente estudo permite discutirmos o efeito do meio nas variáveis analisadas, pois ambos tiveram protocolos muito similares, com idêntica duração e intensidade fisiológica, sendo esta obtida através de testes físicos específicos no meio em que os pacientes treinaram. Durante as 12 semanas de treinamento, a duração total das sessões foi mantida em 45 minutos, com a parte principal durando 35 minutos. O método de treinamento aeróbico utilizado foi o método intervalado, ainda pouco explorado na população diabética. A relação estímulo:recuperação adotada foi 1,5:1 no primeiro mesociclo (3 minutos de estímulo e 2 minutos de recuperação) e 4:1 nos demais mesociclos (4 minutos de estímulo e 1 minuto de recuperação). A intensidade prescrita nos períodos de estímulo foi 85-90% da FC_{LV2} nos dois primeiros mesociclos, 90-95% da FC_{LV2} no terceiro mesociclo e 95-100% da FC_{LV2} no último mesociclo. Nesta modelagem, a duração semanal não chegou a 150 minutos semanais de exercício, como recomendado por Colberg et al. (2010) e Umpierre et al. (2011). Porém, fixando a duração das sessões e aumentando a intensidade, acredita-se que a prescrição de treinamento foi adequada ao progredir as variáveis de intensidade e volume de treinamento ao longo do tempo, apesar de não podermos afirmar a existência de progressão no volume, pois gasto energético e distância percorrida não foram mensurados no presente estudo. Por esta forma de periodização não ter sido encontrada em estudos com pacientes com DMT2, as discussões que seguem levarão em consideração dentre outras questões, a forma de manipulação das variáveis de treinamento encontradas nos estudos.

Esse modelo de treinamento proposto no presente estudo foi eficaz em ambos os grupos ao impactar benéficamente o controle glicêmico, os níveis inflamatórios, o comportamento do SRA, algumas variáveis do perfil lipídico e cardiorrespiratórias, a mobilidade funcional, juntamente com a qualidade de vida nos domínios físico e psicológico dos pacientes analisados, sem diferença entre grupos.

Ao conhecimento dos autores, este é o primeiro ensaio clínico a analisar intervenções de exercício físico em meio aquático e meio terrestre como tratamento do DMT2, entrelaçando diferentes desfechos importantes no controle dessa doença. Por estas razões, os resultados de todos os desfechos serão discutidos primeiramente com os estudos envolvendo

treinamento em meio aquático e posteriormente com os principais ensaios clínicos constituintes do amplo cenário de treinamento físico e DMT2, realizados em meio terrestre.

5.1. Aderência ao treinamento

O treinamento em meio aquático foi bem tolerado pelos pacientes e nenhum evento adverso ocorreu durante o período de intervenção no GTA, enquanto no GTT ocorreram quatro episódios de hipoglicemia, que foram solucionados com a ingestão de soluções de glicose instantânea. Além destes eventos, três pacientes alocados no GTT que finalizaram a intervenção, relataram dores osteoarticulares relacionadas à prática das sessões de treinamento propostas. Ao analisarmos a aderência às intervenções de todos os pacientes que finalizaram o ensaio (GTA, n: 14; GTT, n: 11), encontramos 86 e 89% no GTA e GTT, respectivamente. Consideramos alta a aderência ao treinamento encontrada no presente estudo, sendo similar a outros estudos com manipulação de programas de treinamento em pacientes com DMT2 (PRAET et al. 2008 – 83%; JORGE et al. 2011 – 97%; ASA et al. 2012 – 92%).

Este comprometimento dos pacientes com as intervenções pode estar relacionada à individualização da intensidade de treinamento e da constante orientação quanto aos procedimentos envolvidos no estudo, ações relacionadas com alta aderência (MORIKAWA et al. 2011).

5.2. Variáveis cardiorrespiratórias

Analisando os efeitos cardiorrespiratórios do presente estudo, nenhuma das intervenções propostas foi capaz de produzir melhoras significativas no VO_{2pico} e no VO_{2LV2} . Porém ambos os grupos apresentaram um aumento do % VO_{2LV2} em relação ao VO_{2pico} , mostrando que mesmo sem alteração significativa dos valores de VO_{2LV2} , houve um deslocamento destes em relação a capacidade máxima dos pacientes. Os resultados encontrados no VO_{2pico} e no VO_{2LV2} são de certa forma intrigantes, pois espera-se que sujeitos sedentários quando submetidos a programas de treinamento aeróbico supervisionado durante período de 12 semanas apresentem um incremento nos valores destas variáveis.

Os achados referentes ao VO_{2pico} do presente estudo diferem daqueles encontrados no estudo de Asa et al. (2012), que após programa de treinamento combinado em meio aquático encontraram aumento de aproximadamente 14% nesta variável. Também propondo treinamento combinado em meio aquático, Nuttamonwarakul et al. (2012) encontraram

aumento de 0,2% no $VO_{2\text{pico}}$. Não acreditamos que o fato do treinamento destes estudos ser combinado tenha favorecido ganhos no $VO_{2\text{pico}}$ em relação aos achados do presente estudo, pois apesar da similaridade da população estudada e do meio de treinamento, a análise estatística e a apresentação dos resultados adotadas nestes estudos difere da utilizada na presente investigação e acreditamos que isso possa ter levado estes autores a conduzirem suas discussões para um quadro de melhora, que não é acompanhado pelos nossos achados. Não foram encontrados estudos investigando alterações no VO_{2LV2} e $\%VO_{2LV2}$, impossibilitando maior exploração destas variáveis no meio aquático.

Já em meio terrestre, ensaios clínicos com treinamento aeróbico em pacientes com DMT2 são encontrados ocasionando benéficos efeitos no $VO_{2\text{pico}}$ e no VO_{2LV2} (CUFF et al. 2003; KWON et al. 2010, NG et al. 2010; KARSTOFF et al. 2012). Estes estudos diferem do presente ensaio em vários aspectos, destacando-se o fato destes terem sessões de maior duração (50 – 75 min), maior frequência semanal (5 dias em dois estudos) e maior período de treinamento (16 semanas em um dos estudos). Porém alguns estudos corroboram com nossos achados, não encontrando alterações significativas nestas variáveis após períodos similares de treinamento aeróbico (CAUZA et al. 2005_b; CHURCH et al. 2010).

Em estudo de Karstoff et al. (2012), aumentos significativos no $VO_{2\text{pico}}$ foram encontrados em um grupo de pacientes com DMT2 treinando aerobicamente de forma intervalada por 16 semanas. Acredita-se que as favoráveis diferenças deste achado para os encontrados na presente investigação sejam oriundas do maior tempo de intervenção e maior volume de treinamento, uma vez que frequência semanal, duração das sessões e consequentemente duração semanal foram maiores que no presente estudo. Já a relação estímulo:recuperação (1:1, 3 minutos de estímulo e 3 minutos de recuperação) adotada por Karstoff et al. (2012) foi menor que aquela manipulada na presente investigação. Quanto à intensidade de treinamento, a discussão torna-se dificultada, pois no presente estudo a mesma foi prescrita com base no segundo limiar ventilatório, enquanto Karstoff et al. (2012) prescreveram seu treinamento por percentuais do $VO_{2\text{pico}}$.

É importante serem discutidas algumas questões relacionando o comportamento do VO_2 com o DMT2, como o uso de determinados medicamentos e a prejudicada capacidade física encontrada nesta população. Em relação à metformina, utilizada por 20 dos 21 pacientes deste ensaio, estudos colocam a mesma tendo um efeito inibitório na atividade do complexo 1 do sistema de transporte de elétrons mitocondrial (BATANDIER et al. 2006; GUIGAS et al. 2004) Com a inibição do complexo 1, pode ocorrer uma diminuição na transferência de equivalentes reduzidos do ciclo de Krebs à cadeia de transporte de elétrons, limitando

potencialmente a capacidade metabólica oxidativa. Dessa forma, acredita-se que uma redução no $VO_{2\text{pico}}$ e conseqüentemente da capacidade funcional de exercício pode ocorrer devido ao uso de metformina (BRAUN et al. 2008).

Embora com saudáveis, resultados importantes foram obtidos no estudo de Braun et al. (2008) que comparou o $VO_{2\text{pico}}$ em situação placebo com situação em uso de metformina, sendo os valores de $VO_{2\text{pico}}$ significativamente menores na situação metformina. Um aspecto interessante é o tempo de teste em que as limitações no VO_2 apareceram (11 minutos), pois este é similar à duração máxima dos testes incrementais realizados neste estudo, que ficou próxima dos 12 minutos. Os autores ressaltam a relevância fisiológica dessa temática “metformina e capacidade cardiorrespiratória”, pelo fato de pacientes em tratamento de longo prazo como os do presente estudo poderem ser impactados na capacidade cardiorrespiratória de forma mais severa que a apresentada em seu estudo, com sujeitos tratados por apenas cinco dias. Variáveis associadas, como $FC_{\text{máx}}$, ventilação e duração de teste declinam de forma similar sob ação da metformina, sugerindo que pacientes medicados com a mesma não se exercitam em suas capacidades máximas. Mesmo a metformina tendo uma curta meia vida (2 a 6 h), todos os pacientes realizaram seus testes máximos (terrestre e aquático) sob seu uso, pois além da avaliação dos parâmetros cardiorrespiratórios, estes testes deveriam servir para prescrição dos programas de treinamento.

Resultados de Cunha et al. (2007) demonstram menores valores de VO_2 em pacientes com DMT2 quando comparados a não diabéticos e colocam as diferenças sendo explicadas por hiperglicemia, baixa densidade capilar, alterações na entrega de oxigênio aos músculos esqueléticos, aumento da viscosidade sanguínea ou presença de complicações vasculares, características dessa população. Em revisão sobre função mitocondrial e resistência a insulina, Phielix et al. (2011) colocam a existência de uma menor atividade enzimática mitocondrial em DMT2, juntamente a alterações na morfologia mitocondrial. Os autores colocam que estas alterações levam a um prejuízo no conteúdo e na funcionalidade das mitocôndrias, levando os pacientes com DMT2 a menor capacidade oxidativa.

Tendo em vista uma possível queda ou manutenção dos valores de $VO_{2\text{pico}}$ nesta população, o aumento do $\%VO_{2LV2}$ ganha destaque, porque aumenta a eficiência de trabalho dos pacientes em relação à sua capacidade aeróbica máxima. Isto permite que eles realizem atividades físicas em intensidades mais próximas ao máximo esforço por um maior período de tempo. Portanto, mesmo sem melhoras nos valores de VO_{2LV2} , o deslocamento deste ponto em relação ao máximo é considerado um efeito positivo na saúde física dos pacientes.

Ao analisar os valores de $VO_{2\text{pico}}$ pela sua responsividade às variáveis de treinamento, Powers & Howley (2009) colocam ser este parâmetro mais responsivo à intensidade de treinamento do que à duração. Nesse sentido, a presente prescrição pode ter sido inespecífica para estas alterações cardiorrespiratórias, pois nas primeiras seis semanas de intervenção a intensidade foi baixa (85-90% FC_{LV2}), passando a moderada por três semanas (90-95% FC_{LV2}), tendo uma intensidade considerada forte (95-100% FC_{LV2}) apenas nas últimas três semanas experimentais. Mesmo no último mesociclo de treinamento, a intensidade se manteve sempre em faixas de trabalho predominantemente aeróbicas, que segundo Earnest (2008) é menos favorável a melhoras na capacidade máxima e submáxima oxidativa quando comparado a treinamento intervalado com excursões periódicas em zonas de trabalho predominantemente anaeróbicas, sendo esta abordagem mais indicada para o aumento da biogênese mitocondrial, aumento dos marcadores enzimáticos associados com a glicólise, aumento da beta-oxidação e do metabolismo aeróbico de uma forma geral.

Ainda cabe ressaltar que as relações entre capacidade oxidativa, metformina e DMT2 apresentadas não proporcionam suficientes informações sobre a responsividade do sistema cardiorrespiratório a intervenções de treinamento aeróbico nesta população. Por estas razões, a discussão dos resultados destas variáveis no presente estudo foi primeiramente entrelaçada com protocolos de treinamento de outros ensaios, discutindo-se posteriormente algumas particularidades fisiológicas características do DMT2, finalizando com enfoque no modelo de treinamento utilizado, para uma possível compreensão do comportamento ocorrido nestes parâmetros.

No desfecho de pressão arterial, o meio de treinamento vem sendo discutido na literatura, com enfoque em particulares benefícios que o meio aquático possa exercer no sistema circulatório e no controle adequado de variáveis como temperatura da água e profundidade de imersão (RODRIGUES et al. 2011; BOUSSUGES e GAVARRY, 2012). Estudos anteriores têm mostrado que a hipotensão pode ser provocada por alterações como menor atividade simpática (BRANDÃO RONDON et al. 2002) e menor resistência vascular periférica (KULICS et al. 1999), e que estas respostas podem ser otimizadas em exercícios no meio aquático (PONTES Jr et al. 2008).

Porém no presente estudo, as medidas de PAS e PAD sofreram apenas discretas reduções após os modelos de treinamento implementados, não sendo estas estatisticamente significativas. Isto pode ter ocorrido pelo fato dos pacientes de ambos os grupos estarem sob uso de medicação anti-hipertensiva, com seus valores pressóricos de repouso controlados (valores médios abaixo de 140/90 mmHg).

Apenas um estudo foi encontrado avaliando os níveis pressóricos de pacientes com DMT2 após programa de treinamento em meio aquático, sendo as reduções absolutas menores que aquelas encontradas no presente estudo (NUTTAMONWARAKUL et al. 2012). Apesar dos já revisados efeitos hipotensores da imersão, raros estudos bem delineados são encontrados avaliando efeitos crônicos do treinamento aeróbico na pressão arterial. Dentre estes poucos estudos, Bronman et al. (2006) com caminhada e/ou corrida em piscina funda em saudáveis, assim como Nowak et al. (2008) com treinamento recreacional em sujeitos com sobrepeso e obesos também não encontraram alterações significativas nos níveis pressóricos após os programas de treinamento.

No meio terrestre, a gama de estudos analisando este desfecho em pacientes com DMT2 é um pouco maior. A maioria dos estudos encontrados com amostra e período de treinamento aeróbico similares ao presente ensaio também não encontraram efeitos crônicos significativos sobre os níveis de PAS e PAD (SIGAL et al. 2007; VANCEA et al. 2009; BELLI et al. 2011; KARSTOFF et al. 2012). Interessante resultado foi encontrado por NG et al. (2010), que após treinamento aeróbico durante oito semanas, encontraram uma manutenção dos níveis de PAS, enquanto no grupo controle houve um aumento de 9 mmHg neste desfecho.

Isto aponta a importância do treinamento aeróbico aplicado em pacientes com DMT2 para que os valores pressóricos sejam mantidos em faixas adequadas, pois esta manutenção é um dos objetivos no tratamento do DMT2, prevenindo ou atrasando as complicações associadas do DM (ADA, 2012). Finalizando a discussão dos valores de PA, vale ressaltar que apesar do treinamento aeróbico ser indicado como eficaz na redução dos níveis pressóricos de repouso, isto é mais evidente em sujeitos com valores pré-treinamento acima de 140/90 mmHg (CORNELISSEN & FAGARD, 2005).

A única variável cardiorrespiratória que se comportou de forma diferente, diminuindo significativamente após o período de treinamento, foi a FC_{rep} , que caiu aproximadamente 7% em ambos os grupos. Esta variável raramente é encontrada como variável dependente em estudos com pacientes com DMT2, porém é uma medida simples de ser realizada e importante ao passo que sua redução após programas de treinamento aeróbico pode ocorrer em resposta a um aumento na atividade nervosa parassimpática, uma diminuição na atividade nervosa simpática, uma diminuição dos mecanismos intrínsecos da FC ou pela combinação destes (LEVY et al. 1998; CARTER et al. 2003).

A redução absoluta encontrada no presente estudo foi de 6 bpm no GTA e 5 bpm no GTT, sendo esta inferior à redução encontrada no estudo de Nuttamonwarakul et al. (2012)

que encontrou uma redução na FC_{rep} de 11%, correspondente à uma queda absoluta de 9 bpm após 12 semanas de treinamento aeróbico em meio aquático. Porém além das diferenças nos protocolos de treinamento, esta diferença pode ser explicada pelos menores valores de FC_{rep} pré-treinamento do presente estudo (aproximadamente 72 bpm em ambos os grupos) em comparação ao estudo de Nuttamonwarakul et al. (2012) (aproximadamente 82 bpm). Outras investigações com treinamento aeróbico em piscina funda, porém com sujeitos não diabéticos, observaram reduções similares ao presente ensaio, com reduções entre 8 e 10% nos valores de FC_{rep} (BROMAN et al. 2006, PASSETI et al. 2012).

Segundo Wilmore et al. (2010), a FC_{rep} de sujeitos sedentários pode diminuir cerca de 1 bpm por semana de treinamento aeróbico, principalmente nas dez semanas iniciais. Quando analisado o período de 12 semanas do presente estudo, a intensidade de treinamento foi considerada moderada a partir da semana seis, sendo forte apenas da semana nove a semana 12. Assim, pode-se especular uma alteração possivelmente oriunda das últimas seis semanas de treinamento, de acordo com os valores colocados por Wilmore et al. (2010), pois os grupos diminuíram cerca de 6 bpm após as intervenções propostas. Essa alteração é considerada muito positiva, uma vez que grande parte dos pacientes iniciaram os programas de treinamento betabloqueados e assim com uma baixa FC_{rep} inicial. Porém estas relações temporais e causais do comportamento da FC_{rep} são apenas especulativas, pois esta não foi mensurada ao longo das semanas experimentais.

Essa alteração provocada pelo treinamento é um indicativo de maior eficiência no enchimento diastólico, com consequente aumento do volume sistólico via mecanismo de *Frank-Starling*. Esta maior eficiência cardíaca pode reduzir inclusive a probabilidade do desenvolvimento de cardiopatias (WILMORE et al. 2010). Pelas medidas cardiorrespiratórias não serem desfecho primário deste ensaio clínico, não foram realizadas medidas mais sofisticadas de função cardíaca, porém toda alteração hemodinâmica benéfica em pacientes com DMT2 são muito importantes, pois a doença tem como característica crucial a resistência a insulina, que é independentemente associada com disfunção diastólica ventricular esquerda, sendo os pacientes com DMT2 uma população alvo na prevenção de insuficiência cardíaca (DINH et al. 2010).

5.3. Variáveis funcionais

Uma característica comum em pacientes com DMT2 é a presença de fraqueza muscular, que vem sendo explicada de um modo geral pela resistência anabólica provocada

pela resistência insulínica ou por neuropatia (GEIRSDOTTIR et al. 2012). Em comparação com não diabéticos existe um grau acentuado de sarcopenia em pacientes com DMT2 quando comparados a sujeitos pareados por idade normoglicêmicos (KENNY et al., 2008), sendo relatado um aumento no risco de desenvolvimento de incapacidades físicas associadas ao envelhecimento duas a três vezes maior. Por conseguinte, esta população é mais suscetível ao desenvolvimento de limitações físicas (PARK et al. 2006).

Dentre estas limitações, encontram-se uma menor força muscular e um prejuízo em capacidades funcionais como a mobilidade (VOLPATO et al. 2012). No presente estudo, ambos os grupos apresentaram melhora na mobilidade, com redução no tempo para a realização do TUG em velocidade habitual (6 e 5% para GTA e GTT, respectivamente) e máxima (5 e 7% para GTA e GTT, respectivamente). Não foram encontrados estudos avaliando esta variável em pacientes com DMT2 em resposta a treinamento aeróbico, independente do meio.

Corroborando com a queda nos valores do TUG encontrada no presente estudo, estão os achados de Geirsdottir et al. (2012) que após programa de treinamento de força aplicado em pacientes com DMT2, tendo período e frequência de treinamento similares à presente investigação, encontraram uma redução de 4% na velocidade máxima avaliada no TUG. Utilizando este mesmo teste, a mobilidade funcional não foi impactada de forma significativa no estudo de Cheung et al. (2009) que submetem pacientes com DMT2 a um treinamento de força realizado com bandas elásticas durante 16 semanas com frequência de duas sessões semanais.

Melhoras na mobilidade funcional são alvos geralmente de programas de treinamento de força, pelo fato desta estar associada à força muscular, principalmente na população diabética (IJZERMAN et al. 2012). Isto reforça os benefícios obtidos no presente estudo, no qual o treinamento aeróbico realizado de forma isolada proporcionou melhora na mobilidade funcional. Além disso, é importante salientar que o treinamento em meio aquático provocou melhoras nesse desfecho sendo avaliado no meio terrestre, em um teste com características muito distintas da modalidade realizada pelo GTA, na qual os pacientes caminharam e/ou correram sem contato dos pés no solo. Essa transferência de benefícios funcionais do meio aquático para o meio terrestre, onde os pacientes realmente necessitam ter sua mobilidade em bons níveis, é um aspecto positivo a ser considerado para indicações de treinamento no meio aquático.

Mesmo não sendo comumente avaliada em ensaios clínicos com DMT2, a mobilidade através da velocidade de caminhada é importante, uma vez que achados de Volpato et al.

(2012) apresentaram reduzida velocidade de caminhada em teste de quatro metros quando comparada a não diabéticos. Segundo Oliveira et al. (2012_b) pacientes com DMT2 apresentam pior desempenho no TUG e maior risco de quedas. Esta mobilidade prejudicada engloba limitações em uma gama de atividades da vida diária, causando grande impacto na independência funcional dos pacientes. A melhora na mobilidade pode facilitar a realização de atividades como levantar de uma cadeira, subir degraus e carregar mantimentos.

5.4. Controle glicêmico

Apesar da importância já atribuída às medidas cardiorrespiratórias e funcionais, o fato da doença ser endócrino-metabólica faz com que medidas bioquímicas, especialmente aquelas ligadas ao metabolismo glicolítico, sejam os principais alvos terapêuticos no tratamento de diabéticos. No presente estudo, isto não é diferente, pois as propostas de intervenção tiveram como desfecho primário o perfil glicêmico, mensurado através das variáveis glicemia de jejum, glicemia pós-prandial e prioritariamente os níveis de HbA1c.

Ambos os programas de treinamento não impactaram de forma significativa na glicemia de jejum e na glicemia pós-prandial, porém uma redução significativa ocorreu nos valores de HbA1c após as duas intervenções, sem diferença entre os grupos, mostrando que tanto o meio aquático como o meio terrestre são adequados para programas de treinamento com objetivo de controle glicêmico, reduzindo de forma absoluta os níveis de HbA1c em 0,39 e 0,35% para o GTA e o GTT, respectivamente, após um período de 12 semanas.

Em meio aquático, Asa et al. (2012) também avaliaram GJ e assim como no presente ensaio, não encontraram alterações significativas nesta variável. O mesmo ocorreu em meio terrestre, no qual Karstoff et al. (2012) avaliaram GJ e GPP após dois programas de treinamento aeróbico não supervisionados, mesmo tendo os autores prescrito treinamentos aeróbicos de grande volume, com duração semanal chegando a 300 minutos semanais. Com mesma duração e intensidade controlada por velocidade de segundo limiar ventilatório, Belli et al. (2011) não encontraram alterações significativas na GJ. De encontro com estes resultados, o estudo de Kadoglou et al. (2013) com estes desfechos e modelos de treinamento aeróbico manipulados através de intensidade moderada e duração semanal em 240 minutos, apresentaram reduções significativas na GJ. De forma similar, Jorge et al. (2011) encontraram redução nos valores de GJ e GPP, treinando com volume e intensidade altos durante 12 semanas. Apesar de serem medidas importantes, GJ e GPP são variáveis que se apresentam

mais suscetíveis a comportamentos anteriores ao teste, como alimentação, estresse ou prática de atividade física.

Em relação aos níveis de HbA1c, os resultados do presente estudo corroboram com os achados de Asa et al. (2012) e Nuttamonwarakul et al. (2012), que encontraram reduções absolutas na HbA1c (0,7% e 0,11%, respectivamente) após programas de treinamento em meio aquático em pacientes com DM2. Realizando uma análise geral, mesmo tendo modelos de treinamento distintos, as três intervenções com treinamento em meio aquático foram capazes de provocar redução significativa nos níveis de HbA1c.

Já quando discutimos os efeitos do treinamento aeróbico realizado em meio terrestre sobre os níveis de HbA1c, um número expressivo de ensaios clínicos bem delineados e controlados é encontrado. De encontro com os resultados do presente estudo, estão os achados de Bello et al. (2011) que não encontraram redução significativa nos valores de HbA1c após oito semanas. Da mesma forma, estudos de Jorge et al. (2011) e Karstoff et al. (2012) não encontraram redução significativa neste desfecho após 12 e 16 semanas de treinamento aeróbico, respectivamente. Em longa intervenção, Church et al. (2010) também não encontraram redução significativa nos níveis de HbA1c após nove meses de treinamento aeróbico. Pelo curto período de intervenção, baixa duração e inespecífico controle de intensidade, compreende-se os resultados encontrados por Bello et al. (2011). Porém é importante salientar que o estudo de Jorge et al. (2011) teve como intensidade a FC correspondente ao limiar de lactato, considerado um método preciso na representação do estresse relativo causado pelo exercício (MEYER et al. 2005). Além disso, este estudo teve uma duração semanal de 180 minutos e por esta manipulação das variáveis do treinamento, esperava-se uma significativa redução nos níveis de HbA1c, pois uma meta-análise realizada por Umpierre et al. (2011) evidenciou que modelos de treinamento aeróbico com duração semanal superior a 150 minutos e duração igual ou superior a 12 semanas resulta em diminuição de aproximadamente 0,73% nos níveis de HbA1c. Nesta linha de pensamento, a duração de treinamento semanal (300 minutos) realizada no estudo de Karstoff et al. (2012) deveria proporcionar melhora significativa do controle glicêmico, o que não ocorreu. Isso mostra que mesmo com um treinamento de grande volume, com controle de gasto energético, o fato de ser não supervisionado parece ter influenciado negativamente as respostas esperadas neste estudo. No ensaio clínico conduzido por Church et al. (2010), estas relações de intensidade e duração de treinamento buscando explicar a modesta redução (0,24%) nos níveis de HbA1c torna-se difícil, pois os autores prescreveram o treinamento em uma ampla faixa de intensidade (50 a 80% $VO_{2\text{pico}}$), com duração de treinamento e semanal variando

conforme a intensidade que os pacientes treinassem, pois o treino era controlado primariamente pelo alcance de uma dosagem semanal de 12 kcal/kg por semana.

No presente estudo, a duração semanal foi mantida em 105 minutos, da qual espera-se uma redução absoluta na HbA1c na ordem de 0,36%, a qual é muito próxima dos achados deste ensaio (-0,35 e -0,39% no GTT e GTA, respectivamente). Nossos achados são muito similares aos de Sigal et al. (2007) que encontraram queda de 0,41% na HbA1c após três meses de treinamento aeróbico com frequência semanal igual ao presente estudo e duração semanal também inferior a 150 minutos. Com duração semanal superior a 150 minutos, Kadoglou et al. (2013) encontraram reduções significativas nos níveis de HbA1c (-0,63%) após treinamentos aeróbicos realizados durante seis meses. Ainda corroborando com o positivo controle glicêmico evidenciado neste ensaio, estão os achados de Belli et al. (2011) e Kwon et al. (2011) que encontraram redução significativa nos níveis de HbA1c (-0,9 e -0,5%, respectivamente) após 12 semanas de treinamento aeróbico com duração semanal também superior a 150 minutos.

Além da similaridade na redução significativa nos níveis de HbA1c, o estudo de Belli et al. (2011) apresenta uma importante similaridade com o presente estudo, pois estes autores prescreveram a intensidade de seu modelo de treinamento pela FC_{LV2} , enquanto no presente estudo a intensidade dos dois grupos progrediu a partir da FC_{LV2} . A escolha deste método tem sido colocado como um ótimo parâmetro para prescrição de exercício em pacientes com DMT2 (FUGITA et al. 1990), tendo uma boa relação de custo-efetividade no tratamento (BRUN et al. 2008). Além disso, os modos de controle tradicionalmente prescritos ($\%VO_2$ e $\%FC_{pico}$) apresentam alta variabilidade inter-individual em relação aos limiares ventilatórios (BELLI et al. 2011) e conseqüentemente à rota metabólica que está sendo preferencialmente usada.

Ao nosso conhecimento, o presente estudo é o primeiro ensaio clínico que teve treinamento periodizado pela FC_{LV2} obtida pelo PDFC, além das particularidades no método (intervalado) e na modalidade adotada em meio aquático (caminhada e/ou corrida em piscina funda) prescrito para pacientes com DMT2 e encontrando respostas positivas no controle glicêmico, com magnitudes de efeito similares às propostas pela literatura acerca de treinamentos com volumes similares nesta população. Isto é de suma importância na proposta de um maior uso do meio aquático no cenário clínico, pois enquanto intervenções com treinamento em meio terrestre apresentam resultados consistentes em diversas populações, os efeitos do treinamento em meio aquático no controle glicêmico são limitados, sendo

inconclusiva a efetividade do treinamento aeróbico neste meio para melhora do controle glicêmico (MEREDITH-JONES et al. 2011) até a realização desta investigação.

5.5. Insulina de jejum e resistência a insulina (HOMA-IR)

Ainda extremamente relacionado ao controle glicêmico, temos as variáveis de IJ e resistência à insulina, pelo HOMA-IR. Estas não apresentaram diferenças estatisticamente significativas após as intervenções propostas. De forma curiosa e inesperada, o GTA apresentou um aumento percentual nestas variáveis, apesar de aumentar também sua variabilidade em torno da média. Com uma investigação cuidadosa e individualizada nas respostas hormonais encontradas, percebemos que este aumento médio se deve exclusivamente por um paciente que aumentou muito seus valores de IJ e HOMA-IR após o treinamento. Por este paciente não relatar alterações medicamentosas e alimentares durante a intervenção, acreditamos ser este não responsivo à intervenção proposta, pois teve um comportamento contrário ao apresentado pelos outros 20 pacientes e pela literatura relacionada ao tema.

Os dados do presente estudo vão ao encontro dos dois estudos com treinamento em meio aquático em pacientes com DMT2, pois Asa et al. (2012) não encontraram alterações significativas nos valores insulinêmicos de jejum, enquanto Nuttamonwarakul et al. (2012) encontraram uma queda muito discreta desta variável, sendo sua significância discutível. A falta de estudos avaliando resistência à insulina frente a treinamento em meio aquático nesta população impossibilitou a discussão desta variável nesse cenário. Já em meio terrestre, um número maior de estudos com estas variáveis são encontrados, sendo os dados de IJ encontrados nos estudos de Kwon et al. (2011) concordantes com os do presente ensaio, sem alteração significativa após períodos similares de treinamento aeróbico. Já Karstoff et al. (2012) encontraram em seu grupo que realizou treinamento aeróbico intervalado uma maior redução nesta variável comparada ao grupo controle. Estes dados corroboram com os de Kadoglou et al. (2013) que encontraram um menor valor de IJ após treinamento aeróbico com duração de seis meses.

Na análise da resistência a insulina através do HOMA-IR, os achados de Jorge et al. (2011) corroboram com aqueles encontrados no presente estudo, sem alteração significativa após intervenção com proposta similar. Já Kader et al. (2012) encontraram redução nos valores de HOMA-IR após um programa de treinamento aeróbico, sendo apresentada uma maior redução no grupo que realizou o treinamento em intensidade moderada em relação ao

grupo que treinou em baixa intensidade. Nesta direção, Brun et al. (2008) após um longo acompanhamento (1 ano) de pacientes com DMT2 treinando de forma não supervisionada com frequência semanal, duração e intensidade similares às do presente estudo encontraram uma queda significativa nos valores de HOMA-IR.

O menor período de intervenção e o “n” reduzido do presente estudo são as principais diferenças em relação àqueles que encontraram reduções significativas nas variáveis IJ e HOMA-IR. Sobretudo no HOMA-IR, o tamanho amostral tem uma implicação importante, pois apesar deste método ser aplicado de forma simples e usado em muitos estudos, o seu uso possui uma maior sustentação em estudos populacionais (BONORA et al. 2000). Isto ocorre por diferentes fatores, destacando-se a influência que a faixa etária e os valores de composição corporal têm na variabilidade do método. Dessa forma, sugere-se que o pequeno tamanho amostral com grande amplitude de idade e valores de composição corporal do presente ensaio possam ter limitado o uso do HOMA-IR. Outro fator importante a ser considerado nesta discussão é a grande variabilidade biológica da insulinemia que oscila por fatores como estresse, exercício físico e ritmo pulsátil de secreção insulínica. Tais fatores contribuem para que a variabilidade biológica do índice HOMA-IR oscile em torno de 24,2% em pacientes com DMT2, sendo essa variabilidade um limitante no seu uso clínico, mesmo tendo pouco impacto nos estudos populacionais (OLIVEIRA et al. 2005).

Apesar destas variáveis manterem-se estatisticamente inalteradas, acreditamos no melhor controle glicêmico advindo das intervenções propostas, pelo resultado positivo que tivemos na variável HbA1c, que foi desfecho primário deste ensaio clínico.

5.6. Perfil lipídico

Um outro desfecho analisado no presente estudo foi o perfil lipídico, pois este encontra-se alterado em grande parte dos pacientes com DMT2, que apresentam um risco duas a quatro vezes maior de desenvolvimento de doença arterial coronariana (DAC) (ADA, 2012). Este risco aumentado não pode ser atribuído somente à hiperglicemia, pois a mesma é fortemente relacionada a eventos microvasculares, tendo uma relação mais modesta com as complicações macrovasculares (ADA, 2003).

No presente estudo, encontrou-se uma redução significativa nos valores de CT, LDL e HDL, enquanto os níveis de TG não foram alterados em ambas as intervenções. Estes achados podem ser discutidos com aqueles oriundos de treinamento em meio aquático em pacientes com DMT2 apenas para as variáveis CT e TG, que foram analisadas em duas investigações. A

redução encontrada no presente estudo nos níveis de CT (8 e 1% para GTA e GTT, respectivamente) corroboram com os achados de Nuttamonwarakul et al. (2012) que encontraram redução significativa (4%) após 12 semanas de treinamento aeróbico, diferindo de Asa et al. (2012) que não encontraram alteração significativa nesta variável após oito semanas de treinamento combinado. O menor período de intervenção pode ser um dos motivos pelos quais diferem os resultados destes estudos. Discutindo com ensaios realizados no meio terrestre, achados do presente estudo corroboram com recentes trabalhos (BELLI et al. 2011; JORGE et al. 2011; KADOGLOU et al. 2013; KARSTOFF et al. 2012 – grupo intervalado) que encontraram reduções nos níveis de CT, variando entre 2 e 10% após programas de treinamento aeróbico com durações similares ao presente estudo, sendo contrário aos achados de Sigal et al. (2007) e Karstoff et al. (2012) em um grupo de caminhada contínua que não encontraram alteração nesta variável.

Entre as desordens dislipidêmicas mais encontradas em pacientes com DMT2, encontram-se os altos níveis de TG (SOSENKO et al. 1980). Em relação a este desfecho sendo estudado em meio aquático, os achados do presente estudo corroboram com Asa et al. (2012) que não encontraram alterações significativas nesta variável, diferindo de Nuttamonwarakul et al. (2012) que encontraram uma queda significativa na ordem de 10% nos níveis de TG. Já em meio terrestre, diversos estudos (SIGAL et al. 2007; KWON et al. 2011; KARSTOFF et al. 2012 e BELLI et al. 2011) também não encontraram reduções significativas nos níveis de TG após treinamento aeróbico em pacientes com DMT2. Porém Jorge et al. (2011) e Kadoglou et al. (2013) encontraram significativas reduções de aproximadamente 10 e 22%, respectivamente.

Recentemente, uma meta-análise conduzida por Hayashino et al. (2012) teve como objetivo analisar os efeitos do treinamento físico supervisionado prioritariamente sobre o perfil lipídico e os níveis pressóricos de pacientes com DMT2. Quanto aos níveis de TG, também não foi encontrada associação entre intervenções de treinamento físico de qualquer modo com mudanças significativas neste desfecho.

Os níveis de LDL foram reduzidos significativamente em ambos os grupos (9 e 6% para GTA e GTT, respectivamente), corroborando com os achados de Belli et al. (2011), Kadoglou et al. (2013) e Karstoff et al. (2012) em seu grupo de treinamento intervalado, pois estes estudos também encontraram diminuições significativas nos níveis de LDL (entre 7 e 24%). Já Kwon et al. (2011) e Karstoff et al. (2012) em grupo com caminhada contínua não encontraram impacto significativo do treinamento aeróbico nesta variável.

Após a análise de 12 ensaios clínicos (568 pacientes) envolvendo efeitos do treinamento aeróbico sobre os níveis de LDL, Hayashino et al. (2012) não encontraram redução significativa (4,5 mg/dl) com este modo de intervenção. Este resultado é contrário às significativas reduções encontradas nos níveis de LDL no presente estudo (10,0mg/dl e 6,2 mg/dl para GTA e GTT, respectivamente). Os autores colocam que programas de treinamento físico de longa duração (> 40 semanas) são mais eficazes neste desfecho do que programas de duração mais curta. No entanto, este longo período experimental não foi necessário para que os modelos de treinamento propostos neste estudo impactassem benéficamente esta variável.

Contrariamente ao desejado como efeito do exercício físico, o presente estudo encontrou diminuição nos níveis de HDL (14 e 8% para o GTA e GTT, respectivamente). Este achado vai de encontro com o aumento de aproximadamente 25 e 14% nos níveis de HDL encontrado por Belli et al. (2011) e Kadoglou et al. (2013), respectivamente. Porém Jorge et al. (2011) também encontraram redução dos níveis de HDL (7%) em seu grupo de treinamento aeróbico com frequência semanal e período de treinamento similares às presentes intervenções. Outros ensaios com aplicação de treinamento aeróbico em pacientes com DMT2 (SIGAL et al. 2007; KWON et al. 2011; KARSTOFF et al. 2012) não encontraram alterações significativas nos níveis de HDL, apontando assim resultados contraditórios, pois comportamentos distintos são encontrados em delineamentos experimentais similares.

Vale ressaltar que nos ensaios conduzidos por Belli et al. (2011) e Jorge et al. (2011) os valores de HDL, LDL e CT também foram impactados significativamente nos grupos controle, não apresentando diferenças em relação ao grupo treinado aerobicamente. Belli et al. (2011) colocam estes achados como inesperados e explicam-os pelo menor consumo energético total encontrado pelos pacientes de ambos os grupos após a intervenção. Eles também colocam como possível interveniente nos resultados a falta de controle dietético, pois a mudança na distribuição e classificação de lipídios poderia estar influenciando nos resultados obtidos. Jorge et al. (2011) atribuem as alterações lipídicas positivas encontradas no grupo controle à um possível maior comprometimento com dieta e medicação neste grupo. Quanto à redução nos níveis de HDL, que assim como no presente estudo, foi encontrada por estes autores, os mesmos colocam se tratar de algo inesperado, uma vez que a maioria dos estudos encontra aumento ou nenhuma alteração significativa nesta variável. Mesmo não sendo possível a realização de inferências estatísticas através das análises de controle alimentar realizadas no presente estudo, o mesmo apresenta um padrão de comportamento muito similar nos momentos pré e pós-treinamento, pois a análise descritiva realizada

apresenta valores médios de valor energético total e consumo de lipídios inclusive um pouco menores após o período experimental. Dessa forma, acreditamos que houve um comprometimento alimentar, que se mostrou positivo para as respostas de perfil lipídico, entretanto inespecífico para ajustes positivos nos níveis de HDL.

Analisando 18 ensaios clínicos com treinamento aeróbico (723 pacientes) sobre os níveis de HDL, Hayashino et al. (2012) não encontraram alterações significativas. Os autores colocam ser o treinamento físico uma ferramenta mais eficaz neste desfecho quando manipulado em idosos acima de 60 anos, que não é a realidade do presente estudo.

Analisando o perfil lipídico de uma forma geral, este parece beneficiar-se mais da combinação de treinamento físico com redução de massa corporal quando comparada a treinamento aeróbico como única intervenção. Respostas ao perfil lipídico ao treinamento físico são diversas, sendo as mais evidenciadas a redução nos níveis de LDL e a não alteração nos níveis de HDL e de TG (COLBERG et al. 2010). Com base nessas colocações, juntamente aquelas colocadas na recente meta-análise de Hayashino et al. (2012), que mostram modestas ou inexistentes alterações do perfil lipídico em resposta ao treinamento aeróbico, consideramos positivos os efeitos decorrentes das intervenções propostas no presente estudo, diminuindo os níveis de CT e LDL e mantendo os níveis de TG em um período de 12 semanas. Quanto aos níveis de HDL, seria recomendado uma ação conjunta com outros profissionais da saúde, como nutricionista e médico, para que através de outros modos de intervenção realizadas de forma combinada ao treinamento físico, a redução encontrada neste desfecho seja evitada.

5.7. Sistema renina angiotensina – ARP

Pelo desenho do presente estudo consistir na comparação de efeitos do treinamento físico realizado em meio aquático e meio terrestre sobre o controle do DMT2, foi considerada importante a avaliação de componentes do SRA como a atividade da renina plasmática (ARP) circulante, pois tanto o treinamento físico (VANHEES et al. 1984), como a imersão em meio aquático (EPSTEIN, 1976; EPSTEIN, 1992) alteram positivamente o SRA. Porém ao nosso conhecimento, os efeitos crônicos dessas duas condições supressoras do SRA (treinamento e imersão) não foram investigados até o momento. O interesse é ainda maior quando relacionamos esta intervenção com o tratamento do DMT2, pois segundo Giestas et al. (2010) a ativação crônica do SRA induz uma cascata pró-inflamatória, pró-trombótica e aterogênica,

que interfere negativamente na sinalização insulínica, impedindo a translocação de GLUT-4, contribuindo assim para a resistência à insulina.

Porém no presente estudo, ambos os meios se mostraram eficazes ao desenvolvimento de modelos de treinamento capazes de reduzir a ARP. Esta variável foi reduzida em 89% no GTA e 58% no GTT, tendo estes dados importantes implicações clínicas na doença em questão. Estes resultados corroboram com os achados de uma meta-análise conduzida por Cornelissen & Fagard (2005) que encontraram redução significativa da ARP (20%) ao analisar oito estudos contemplando 10 diferentes grupos de treinamento aeróbico para sujeitos não diabéticos com duração igual ou superior a quatro meses. Apesar de existirem limitações na literatura abordando efeitos crônicos do treinamento físico sobre a ARP, este tem sido apontado como um agente não-farmacológico benéfico no bloqueio ou redução das lesões cardiovasculares associadas à ativação crônica do SRA (MARTINELLI et al. 2011). Neste sentido, estudos com exercício aliado à dieta, tendo períodos de treinamento similares ou maiores que o presente estudo encontraram resultados que também corroboram com o mesmo, reduzindo em aproximadamente 40% a ARP (BARBATO et al. 2006; ENGELI et al. 2005).

Porém ao revisar a literatura relacionada ao tema, Martinelli et al. (2011) colocam ainda existir divergências quanto ao efeito crônico do treinamento físico sobre a ARP, pois os mesmos encontraram 13 estudos avaliando esta variável após programas de treinamento aeróbico, encontrando reduções estatisticamente significativas em apenas quatro destes (GEYSSANT et al. 1981; VANHES et al. 1984; HAGBERG et al. 1989; DUBBERT et al. 1994). Também de encontro com os achados do presente estudo, estão aqueles de Martinelli et al. (2010) que não encontraram redução da ARP após 16 semanas de treinamento aeróbico em pacientes hipertensos com sobrepeso, apresentando inclusive uma tendência de aumento estatisticamente significativo nesta variável ($p = 0,055$). O treinamento proposto por Martinelli et al. (2010) teve duração e frequência semanal similar ao treinamento utilizado nesta investigação, diferindo em relação à intensidade, prescrita por ampla faixa de $FC_{máx}$ (60-80%), dificultando o conhecimento do quanto isto representou metabolicamente. Além disso, estes autores mantiveram fixas as variáveis de volume e intensidade ao longo do período experimental. Discussões mais aprofundadas relacionando diferentes manipulações de treinamento com a ARP são dificultadas pela contradição existente nos resultados, nas diferentes posições corporais em que esta variável é coletada, além das poucas informações sobre prescrição de treinamento contida nos estudos.

Mais relacionado com a prática clínica no DMT2, os benefícios do uso de medicação inibidora do SRA, como inibidores da ECA e bloqueio dos receptores AT1 são bastante

conhecidos, sendo considerado uma pedra fundamental no manejo dos pacientes, minimizando o negativo impacto na sinalização insulínica e reduzindo a morbidade e a mortalidade relacionadas à DCV (CARVALHO-FILHO et al. 2007; CHOKSHI et al. 2013). Nessa perspectiva, considera-se de grande valia os expressivos achados do presente estudo (GTA, $10,82 \pm 16,46$ ng/ml/h para $1,19 \pm 1,27$ ng/ml/h; GTT, $6,74 \pm 8,80$ ng/ml/h para $2,84 \pm 5,21$ ng/ml/h). Apesar de ser encontrada significância estatística apenas no efeito tempo da análise adotada, consideramos interessante destacar a queda ocorrida no GTA, a qual especulamos ser um efeito adicionado pela imersão às respostas oriundas do treinamento físico.

5.8. Proteína C-reativa ultra-sensível (PCRus)

Um dos benefícios oriundos da prática de exercício físico é a redução dos níveis de PCRus, diminuindo o estado inflamatório (MATHUR E PEDERSEN, 2008), reduzindo assim o risco cardiovascular associado. Nesta perspectiva, as intervenções propostas no presente estudo mostraram-se eficazes ao reduzirem significativamente os níveis de PCRus em ambos os grupos (69 e 35% para o GTA e GTT, respectivamente). A discussão desse benéfico efeito fica limitada a resultados de estudos com treinamento aeróbico em meio terrestre, pois os dois estudos encontrados com treinamento em meio aquático na população em questão não analisaram desfechos inflamatórios. É importante ressaltar que no contexto do treinamento em meio aquático, a análise de mediadores inflamatórios em ensaios clínicos com diferentes populações é algo novo, pois ao nosso conhecimento o único estudo com esta abordagem até o presente momento foi realizado por Greene et al. (2012), que ao contrário do presente estudo, não encontrou alterações significativas nos níveis de PCRus em pacientes obesos treinados aerobicamente em meio aquático e terrestre durante 12 semanas.

No meio terrestre, modelos de treinamento aeróbico propostos nos estudos de Kadoglou et al. (2013) e Jorge et al. (2011) encontraram resultados que vão ao encontro dos achados da presente investigação. Kadoglou et al. (2013) encontraram uma redução de 33% nos níveis de PCRus após seis meses de treinamento aeróbico. Já Jorge et al. (2011) encontraram uma redução significativa (10%) nos valores de PCRus em treinamento com mesma frequência semanal, similar intensidade e mesmo período de intervenção deste estudo. O mesmo não ocorreu em recente ensaio clínico conduzido por Swift et al. (2012), no qual não foi encontrada redução significativa nos níveis de PCRus após treinamento aeróbico de nove meses com dosagem de 12 kcal/kg por semana.

Analisando os achados acima e a importância dessa variável, que é um preditor independente para eventos cardiovasculares (SCHULZE et al. 2004) e mortalidade cardiovascular (SOINIO et al. 2006) em pacientes com DMT2 (SWIFT et al. 2012), consideramos os resultados do presente estudo tendo importantes implicações clínicas. Apesar dos resultados não apresentarem diferença entre grupos, destacamos a queda de 69% ocorrida no GTA, podendo ser o meio aquático favorável ao treinamento de pacientes que objetivem redução dos níveis inflamatórios sistêmicos.

5.9. Qualidade de vida

Por ser uma doença endócrino-metabólica, a maioria dos estudos investigando os efeitos do treinamento físico em pacientes com DMT2 analisa desfechos biomédicos, porém a doença associa-se também a problemas psicológicos, afetando os seus acometidos de uma forma geral. De fato, quando comparados à população não diabética, pacientes com DMT2 apresentam uma pior qualidade de vida (VAN DER HEIDJEN et al. 2013). No entanto, altos níveis de atividade física são associados com melhor qualidade de vida em pacientes com DMT2 (GREEN et al. 2011).

No presente estudo, a qualidade de vida foi impactada positivamente nos domínios físico (13 e 11% para o GTA e GTT, respectivamente) e psicológico (4 e 8% para o GTA e GTT, respectivamente), diferindo dos achados de Asa et al. (2012) que encontraram melhora na qualidade de vida apenas no domínio relacionado à vitalidade dos pacientes. Porém, o instrumento utilizado para avaliar este desfecho no presente ensaio difere daquele utilizado por Asa et al. (2012), o que dificulta maiores comparações.

No meio terrestre, o estudo de Bello et al. (2011) encontrou melhora de qualidade de vida em pacientes com DMT2 treinados aerobicamente por oito semanas. Porém mesmo utilizando o mesmo instrumento de avaliação do presente estudo, os autores não apresentaram os resultados em domínios, incorrendo também em dificuldades de comparação.

Tessier et al. (2000) encontraram achados contrários aos do presente estudo após usar instrumento de qualidade de vida relacionado ao DM e não encontrarem alterações significativas nesta variável após 16 semanas de treinamento predominantemente aeróbico. Em recente meta-análise conduzida por Van Der Heidjen et al. (2013) foram encontrados seis estudos avaliando os efeitos do treinamento aeróbico sobre a qualidade de vida da população em questão, não sendo este modo de intervenção associado a melhoras significativas na qualidade de vida, o que contraria o positivo efeito esperado pelo treinamento. Contudo, esse

benefício foi encontrado após ambas as intervenções propostas no presente estudo em dois importantes domínios da qualidade vida, que segundo Fleck et al. (2000) contemplam aspectos de dor ou desconforto, energia, sono, sentimentos positivos, capacidade de pensamento, aprendizagem, auto-estima, entre outros.

6. CONCLUSÃO

A partir dos resultados encontrados no presente estudo, concluímos que o treinamento aeróbico no modelo proposto proporciona melhoras nos níveis de HbA1c, na FC_{rep} , % VO_{2LV2} , mobilidade funcional (TUG – velocidade habitual e máxima), CT, LDL, ARP, PCRus e qualidade de vida relacionada aos domínios físico e psicológico, sendo inespecífico para melhoras no HDL, não provocando alterações significativas no VO_{2pico} , VO_{2LV2} , PAS, PAD, GJ, GPP, IJ, HOMA-IR, qualidade de vida geral e relacionada aos domínios relações sociais e ambiental.

Pelos grupos submetidos à intervenção diferirem basicamente no meio de realização do treinamento e estes não apresentarem diferenças significativas nos efeitos resultantes das intervenções, concluímos que modelos de treinamento eficazes no tratamento do DMT2 podem ser aplicados tanto em meio terrestre como em meio aquático.

A partir dos achados deste estudo, que mostraram ser possível a realização de programas de treinamento eficazes no tratamento do DMT2 em meio aquático, sugere-se que este meio seja alvo de futuras investigações objetivando conhecer os efeitos de diferentes modos de treinamento (aeróbico, força e combinado), explorando a manipulação das variáveis de volume e intensidade e seus consequentes efeitos no controle da doença.

7. APLICAÇÕES PRÁTICAS

Baseado no desenho metodológico utilizado no presente ensaio, sugere-se que modelos de treinamento aeróbico para pacientes com DMT2 podem ter a intensidade prescrita através do PDFC, que é um método adequado, de custo financeiro reduzido e fácil aplicação. Além disso, os resultados encontrados permitem consideramos o treinamento aeróbico em meio aquático uma ferramenta segura e eficaz no tratamento do DMT2, assim como já está consolidado o treinamento aeróbico em meio terrestre, sendo uma possibilidade terapêutica interessante a pacientes com determinadas injúrias ou dificuldades que impeçam a adequada progressão de um treinamento físico em meio terrestre.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, O.P. The impact of brief high-intensity exercise on blood glucose levels. **Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy**. 6: 113-122, 2013.

ALBERTON, C.; KRUEL, L.F.M. Influência da Imersão nas Respostas Cardiorrespiratórias em Repouso. **Rev Bras Med Esporte**. 15(3): 228-232, 2009.

ALBERTON, C.L.; ANTUNES, A.H.; PINTO, S.S.; TARTARUGA, M.P.; SILVA, E.M.; CADORE, E.L.; KRUEL, L.F.M. Correlation between rating of perceived exertion and physiological variables during the execution of stationary running in water at different cadences. **J Strength Cond Res**. 25(1): 155-162, 2010.

ALBERTON, C.L.; KANITZ, A.C.; PINTO, S.S.; ANTUNES, A.H.; FINATTO, P.; CADORE, E.L.; KRUEL, L.F.M. Determining the anaerobic threshold in water-based exercises: A comparison of the Conconi curve and ventilator equivalents method. **J Sports Med Phys Fitness**, in press, 2013.

American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes. **Diabetes Care**. 35(Suppl 1): S11-S53, 2012.

American Diabetes Association. Dyslipidemia Management in Adults With Diabetes. **Diabetes Care**. 27(Suppl 1): S68-S71, 2003.

ANJOS, L.A. Índice de Massa Corporal como Indicador do Estado Nutricional de Adultos: Revisão de Literatura. **Rev Saúde Pub**. 26(6): 431-436, 1992.

ARBORELIUS, M.; BALDLIN, U.I.; LILJA, B.; LUNDGREN, C.E.G. Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. **Aerospace Med**. 43(6):590-598, 1972.

ARSA, G.; LIMA, L.; ALMEIDA, S.S.; MOREIRA, S.R.; CAMPBELL, C.S.G.; SIMÕES, G.H. Diabetes Mellitus tipo 2: Aspectos fisiológicos, genéticos e formas de exercício físico para seu controle. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**. 11(1): 103-111, 2009.

ASA, C.; MARIA, S.; KATHARINA, S.S.; BERT, A. Aquatic Exercise Is Effective in Improving Exercise Performance in Patients with Heart Failure and Type 2 Diabetes Mellitus. **Evid Based Complement Alternat Med.** 2012: 349209, 2012.

BALDUCCI, S.; ZANUSO, S.; NICOLUCCI, A.; FERNANDO, F.; CAVALLO, S.; CARDELLI, P.; FALLUCCA, S.; ALESSI, E.; LETIZIA, C.; JIMENEZ, A.; FALLUCCA, F.; PUGLIESE, G. Anti-inflammatory effect of exercise training in subjects with type 2 diabetes and the metabolic syndrome is dependent on exercise modalities and independent of weight loss. **Nutr Metab Cardiovasc Dis.** 20(8): 608-617, 2010.

BAO, S.; BRISCOE, V.J.; TATE, D.B.; DAVIS, S. Effects of Differing Antecedent Increases of Plasma Cortisol on Counterregulatory Responses During Subsequent Exercise in Type 1 Diabetes. **Diabetes.** 58(9): 2100-2108, 2009.

BARBATO, K.B.; MARTINS, R.D.E.C.; RODRIGUES, M.D.E.L.; BRAGA, J.U.; FRANCISCHETTI, E.A.; GENELHU, V. Effects of greater-than-5% weigh reduction on hemodynamic, metabolic and neuroendocrine profiles of grade obese subjects. **Arq Bras Cardiol.** 87(1): 12-21, 2006.

BARBOSA, T.M.; GARRIDO, M.F.; BRAGADA, J. Physiological adaptations to head-out aquatic exercises with different levels of body immersion. **J Strength Cond Res.** 21(4): 1255-1259, 2007.

BARBOSA, T.M.; MARINHO, DM.; REIS, V.M.; SILVA, A.J.; BRAGADA, J.A. Physiological assessment of head-out aquatic exercises in healthy subjects: A qualitative review. **J Sports Sci & Med.** 8(2): 179-189, 2009.

BATANDIER, C.; GUIGAS, B.; DETAILLE, D.; EL-MIR, M.Y.; FONTAINE, E.; RIGOLET, M.; LEVERVE, X. The ROS production induced by a reverse-electron flux at respiratorychain complex 1 is hampered by metformin. **J Bioenerg Biomembr.** 38(1): 33-42, 2006.

BELLI, T.; RIBEIRO, L.F.P.; ACKERMANN, M.A.; BALDISSERA, V.; GOBATTO, C.A.; GALDINO DA SILVA, R. Effects of 12-week overground walking training at ventilatory threshold velocity in type 2 diabetic women. **Diabetes Res Clin Pract.** 93(3), 337-343, 2011.

BELLO, A.I.; BOAKYE, E.O.; ADEGOKE, B.A.; ADJEI, D.N. Effects of aerobic exercise on selected physiological parameters and quality of life in patients with type 2 diabetes mellitus. **International Journal of General Medicine.** 4: 723-727, 2011.

BERGAMIN, M.; ZANUSO, S.; ALVAR, B.; ERMOLAO, A.; ZACCARIA, M. Is water-based exercise training sufficient to improve physical fitness in the elderly? **Eur Rev Aging Phys Act.** 9(2): 129–141, 2012.

BRANDÃO RONDON, M.U.P.; ALVES, M.J.N.N.; BRAGA, A.M.F.W.; TEIXEIRA, O.T.U.N.; BARRETO, A.C.P.; KRIEGER, E.M.; NEGRÃO, C.E. Postexercise blood pressure reduction in elderly hypertensive patients. **J Am Coll Cardiol.** 39(4): 676-682, 2002.

BRUN, J.F.; BORDENAVE, S.; MERCIER, J.; JAUSSENT, A.; PICOT, M.C.; PRÉFAUT, C. Cost-sparing effect of twice-weekly targeted endurance training in type 2 diabetics: a one-year controlled randomized trial. **Diabetes Metab.** 34(3): 258-265, 2008.

BIRD, S. R.; HAWLEY, J.A.; Exercise and type 2 diabetes: New prescription for an old problem. **Maturitas.** 72(4) : 311-316, 2012.

BODNER, M.E.; RHODES, E.C. A Review of the Concept of the Heart Rate Deflection Point. **Sports Med.** 30(1): 31-46, 2000.

BONORA, E.; TARGHER, G.; ALBERICHE, M.; BONADONNA, R.C.; SAGGIANI, F.; ZENERE, M.B.; MONAUNI, T.; MUGGEO, M. Homeostasis model assessment closely mirrors the glucose clamp technique in the assessment of insulin sensitivity: Studies in subjects with various degrees of glucose tolerance and insulin sensitivity. **Diabetes Care.** 23 (1): 57-63, 2000.

BOULÉ, N.G.; HADDAD, E.; KENNY, G.P.; WELLS, G.A.; SIGAL, R.J.; Effects of Exercise on Glycemic Control and Body Mass in Type 2 Diabetes Mellitus. **JAMA**. 286(10): 1218-1227, 2001.

BOULÉ, N.G.; KENNY, G.P.; HADDAD, E.; WELLS, G.A.; SIGAL, R.J. Meta- analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in type 2 diabetes mellitus. **Diabetologia**. 46(8): 1071-1081, 2003.

BOUSSUGUES, A.; GAVARRY, O. Exercise on land or in water? **International Journal of General Medicine**. 5: 313-316, 2012.

BRAUN, B.; EZE, P.; STEPHENS, B.R.; HAGOBIAN, T.A.; SHAROFF, C.G.; CHIPKIN, S.R.; GOLDSTEIN, B. Impact of metformin on peak aerobic capacity. **Appl Physiol Nutr. Metab.** 33(11): 61-67, 2008.

BROMAN, G.; QUINTANA, M.; LINDBERG, T.; JANSSON, E.; KAIJSER, L. High intensity deep water training can improve aerobic power in elderly women. **Eur J Appl Physiol**. 98(2): 117-123, 2006.

BROOKS, N.; LAYNE, E.; GORDON, P.L.; ROUBENOFF, R.; NELSON, M.E.; CASTANEDA-SCEPS, C. Strength training improves muscle quality and insulin sensitivity in Hispanic older adults with type 2 diabetes. **Int J Med Sci**. 4(1): 19-27, 2007.

CALABRO, P.; CHANG, D.W.; WILLERSON, J.T.; YEH, E.T.H. Release of C-Reactive Protein in Response to Inflammatory Cytokines by Human Adipocytes: Linking Obesity to Vascular Inflammation. **J Am Coll Cardiol**. 46(6): 1112-1113, 2005.

CAMBRI, L.T.; DÉCIMO, J.P.; SOUZA, M.; OLIVEIRA, F.R.; GEVAERD, M.S. Efeito agudo e crônico do exercício físico no perfil glicêmico e lipídico em diabéticos tipo 2. **Motriz**. 13(4): 238-248, 2007.

CARLSSON, P-O. The Renin-Angiotensin System in the Endocrine Pancreas. **JOP. J. Pancreas**. 2(1): 26-32, 2001.

CARTER, J.B.; BANISTER, E.W.; BLABER, A.P. Effect of Endurance Exercise on Autonomic Control of Heart Rate. **Sports Med.** 33(1): 33-46, 2003.

CARVALHO-FILHO, M.A.; CARVALHEIRA, J.B.C.; VELLOSO, L.A.; SAAD, M.J.A. Cross-Talk das Vias de Sinalização de Insulina e Angiotensina II: Implicações Com a Associação Entre Diabetes Mellitus e Hipertensão Arterial e Doença Cardiovascular. **Arq Bras Endocrinol Metab.** 51(2): 195-203, 2007.

CARVALHO, C.R.; THIRONE, A.C.; GONTIJO, J.A.; VELLOSO, L.A.; SAAD, M.J. Effect of captopril, losartan, and bradykinin on early steps of insulin action. **Diabetes.** 469(12): 950-1957, 1997.

CASTANEDA, C.; LAYNE, J.E.; MUNOZ-ORIAN, L.; GORDON, P.L.; WALSMITH, J.; FOLDAVARI, M.; ROUBENOFF, R.; TUCKER, K.L.; NELSON, M.E. Randomized Controlled Trial of Resistance Exercise Training to Improve Glycemic Control in Older Adults With Type 2 Diabetes. **Diabetes Care.** 25(12): 2335-2341, 2002.

CAUZA, E_a.; HANUSCH-ENSERER, U.; STRASSER, B.; LUDVIK, B.; METZ-SCHIMMERL, S.; PACINI, G.; WAGNER, O.; GEORG, P.; PRAGER, R.; KOSTNER, K.; DUNKY, A.; HABER, P. The Relative Benefits of Endurance and Strength Training on the Metabolic Factors and Muscle Function of People With Type 2 Diabetes Mellitus. **Arch Phys Med Rehabil.** 86(8): 1527-1533, 2005.

CAUZA, E_b.; HANUSCH-ENSERER, U.; STRASSER, B.; KOSTNER, K.; DUNKY, A.; HABER, P. Strength and endurance training lead to different post exercise glucose profiles in diabetic participants using a continuous subcutaneous glucose monitoring system. **Eur J Clin Invest.** 35(12): 745-751, 2005.

CINTRA, D.E.; ROPELLE, E.R.; PAULI, J.R. **OBESIDADE E DIABETES Fisiopatologia e Sinalização Celular.** São Paulo: Sarvier, 2011.

CHEUNG, N.W.; CINNADAIO, N.; RUSSO, M.; MAREK, S. A pilot randomised controlled trial of resistance exercise bands in the management of sedentary subjects with type 2 diabetes. **Diabetes Res Clin Pract.** 83(3): 68-71, 2009.

CHOKSHI, N.P.; GROSSMAN, E.; MESSERLI, F.H. Blood pressure and diabetes: vicious twins. **Heart.** 99(8): 577-585, 2013.

CHU, K.S.; RHODES, E.C. Physical and cardiovascular changes associated with deep water running in the young. **Sports Med.** 31(1): 33-46, 2001.

CHURCH, T.S.; BLAIR, S.N.; COCREHAM, S.; JOHANNSEN, N.; JOHNSON, W.; KRAMER, K.; MIKUS, C.R.; MYERS, V.; NAUTA, M.; RODARTE, R.Q.; SPARKS, L.; THOMPSON, A.; EARSNET, C.P. Effects of Aerobic and Resistance Training on Hemoglobin A1c Levels in Patients With Type 2 Diabetes. **JAMA.** 304(20): 2253-2262, 2010.

COLADO, J.C.; TRIPLETT, N.T.; TELLA, V.; SAUCEDO, P.; ABELLÁN, J. Effects of Aquatic Resistance Training on Health and Fitness in Postmenopausal Women. **Eur J Appl Physiol.** 106(1): 113-122, 2009.

COLBERG, S.R.; SIGAL, R.J.; FERNHALL, B.; REGENSTEINER, J.G.; BLISSMER, B.J.; RUBIN, R.R.; CHASA-TABER, L.; ALBRIGHT, A.L.; BRAUN, B. American College of Sports Medicine; American Diabetes Association. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. **Diabetes Care.** 33(12): 147-167, 2010.

COLBERG, S.R. Physical activity: the forgotten tool for type 2 diabetes management. **Front Endocrinol.** 3(70): 1-6, 2012.

CONCONI, F.; FERRARI, M.; ZIGLIO, P.G.; DROGHETTI, P.; CODECA, L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. **J Appl Physiol.** 52(4): 869-873, 1982.

COOKE, C.B.; ESTON, R.; REILLY, T. Metabolic rate and energy balance. **Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual**. London: E & FN Spon. 175-195, 1996.

CORNELISSEN, V.A.; FAGARD, R.H. Effect of resistance training on resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. **J Hypertens**. 23(2): 251-259.

CORUZZI, P.; NOVARINI, A.; MUSIARI, L.; ROSSI, E.; BORGHETTI, A. Effects of 'central hypervolemia' by immersion on rennin-aldosterone system and ACTH-cortisol axis in hemodialyzed patients. **Nephron**. 36(4): 238-241, 1984.

COSTA, R.R. **Efeitos Agudos e Crônicos do Treinamento em Hidroginástica no Perfil Lipídico e na Enzima Lipase Lipoprotéica de Mulheres Pré-menopáusicas Dislipidêmicas**. [Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano]. Porto Alegre (RS): Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2011.

CUFF, D.J.; MENEILLY, G.S.; MARTIN, A.; IGNASZEWSKI, A.; TILDESLEY, H.D.; FROLICH, J.J. Effective Exercise Modality to Reduce Insulin Resistance in Women With Type 2 Diabetes. **Diabetes Care**. 26(11): 2977-2982, 2003.

CUNHA, M.R.; DA SILVA, M.E.R.; MACHADO, H.A.; FUKUI, R. T. CORREA. M. R. S.; SANTOS, R. F.; WAJCHENBERG, B. L.; RONDON, M. U. P. B.; NEGRÃO, C.E.; URSICH, M.J.M. The effects of metformin and glibenclamide on glucose metabolism, counter-regulatory hormones and cardiovascular responses in women with Type 2 diabetes during exercise of moderate intensity. **Diabet Med**. 24(6): 592-599, 2007.

DINH, W.; LANKISCH, M.; NICKL, W.; SCHEYER, D.; SCHEFFOLD, T.; KRAMER, F.; KRAHN, T.; KLEIN, R.M.; BARROSO, M.C.; FÜTH, R. Insulin resistance and glycemic abnormalities are associated with deterioration of left ventricular diastolic function: a cross-sectional study. **Cardiovasc Diabetol**. 15(9): 63, 2010.

DOWZER, C.N.; REILLY, T. Deep-water running. **Sports Exerc Injury**. 4:56 -61, 1998.

DUBBERT, P.M.; MARTIN, J.E. CUSHMAN, W.C.; MEYDRECH, E.F.; CAROLL, R.G. Endurance exercise in mild hypertension: effects on the blood pressure and associated metabolic and quality of life variables. **J Hum Hypertens.** 8(4): 265-272, 1994.

DUVIVIER, B.M.F.M.; SCHAPER, N.C.; BREMERS, M.A.; VAN CROMBRUGGE, G.; MENHEERE, P.P.C.A.; KARSL, M.; SAVELBERG, H.H.C.M. Minimal Intensity Physical Activity (Standing and Walking) of Longer Duration Improves Insulin Action and Plasma Lipids More than Shorter Periods of Moderate to Vigorous Exercise (Cycling) in Sedentary Subjects When Energy Expenditure Is Comparable. **PLoS ONE** 8(2): e55542, 2013.

DUNSTAN, D.W.; DALY, R.M.; OWEN, N.; JOLLEY, D.; DE COURTEN, M.; SHAW, J.; ZIMMET, P. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. **Diabetes Care.** 25(10): 1729-1736, 2002.

EARNEST, C.P. Exercise interval training: An improved stimulus for improving the physiology of pre-diabetes. **Med Hypotheses.** 71(5): 752-761, 2008.

ENGELI, S.; BÖHNKE, J.; GORZELNIAK, K.; JANKE, J.; SCHLING, P.; BADER, M.; LUFT, F.C.; SHARMA, A.R. Weight Loss and the Renin-Angiotensin-Aldosterone System. **Hypertension.** 45: 356-362, 2005.

EPSTEIN, M. Cardiovascular and renal effects of head-out water immersion in man: of the model in the assessment of volume homeostasis. **Circulation Research.** 39(5): 619-628, 1976.

EPSTEIN, M. Renal effects of head-out water immersion in humans: a 15-year update. **Physiol Rev.** 72(3): 563-621, 1992.

ERIKSSON, J.G. Exercise and the Treatment of Type 2 Diabetes Mellitus. **Sports Med.** 27(6): 381-391, 1999.

FLECK, M.P.A.; LOUZADA, S.; XAVIER, M.; CHACHAMOVICH, E.; VIEIRA, G.; SANTOS, L.; PINZON, V. Aplicação da versão em português do instrumento abreviado de

avaliação da qualidade de vida “WHOQOL-bref”. **Rev. Saúde Pública.** 34(2): 178-183, 2000.

FRIEDEWALD, W.T.; LEVY, R.I.; FREDRICKSON, D.S. Estimation of the Concentration of Low Density Lipoprotein Cholesterol in Plasma, Without Use of the Preparative Ultracentrifuge. **Clin Chemistry.** 18(6): 498-502, 1972.

FUJITA, Y.; KAWAJI, K.; KANAMORI, A.; MATOBA, K.; YAJIMA, Y.; TAKEUCHI, A.; ISHII, K. Relationship between age-adjusted heart rate and anaerobic threshold in estimating exercise intensity in diabetics. **Diabetes Res Clin Pract.** 8(1): 69-74, 1990.

GABRIELSEN, A.; VIDEBÁK, R.; JOHANSEN, L.B.; WARBERG, J. CHRISTENSEN, N.J.; PUMP, B.; NORSK, P. Forearm vascular and neuroendocrine responses to graded water immersion in humans. **Acta Physiol Scand.** 169(2): 87-94, 2000.

GABRIELSEN, A.; PUMP, B.; BIE, P.; CHRISTENSEN, N.J.; WARBERG, J.; NOR, S.K.P. Atrial distension, haemodilution, and acute control of renin release during water immersion in humans. **Acta Physiol Scand.** 174(2): 91-99, 2002.

GEIRSDOTTIR, O.G.; ARNARSON, A.; BRIEM, K.; RAMEL, A.; JONSSON, P.V.; THORSDOTTIR, I. Effect of 12 week resistance exercise program on body composition, muscle strength, physical function, and glucose metabolism in healthy, insulin-resistant, and diabetic elderly Icelanders. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci.** 67(11): 1259-1265, 2012.

GEYSSANT, A.; GEELEN, G.; DENIS, C.; ALLEVARD, A.M.; VINCENT, M.; JARSAILLON, E.; BIZOLLON, C.A.; LACOUR, J.R.; GHARIB, C. Plasma vasopressin, rennin activity, and aldosterone: effect of exercise and training. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol.** 46(1): 21-30, 1981.

GIESTAS, A.; PALMA, I.; RAMOS, M.H. Sistema renina-angiotensina-aldosterona e sua modulação farmacológica. **Acta Med Port.** 23(4): 677-688, 2010.

GODIN, G.; DESHARNAIS, R.; VALOIS, P.; LEPAGE, L.; JOBIN, J.; BRADET, R. Differences in perceived barriers to exercise between high and low intenders: observations among different populations. **Am J Health Promotion**. 8(4): 279-284, 1994.

GOLBIDI, S.; BADRAN, M.; LAHER, I. Antioxidant and Anti-Inflammatory Effects of Exercise in Diabetic Patients. **Exp Diabetes Res**. 2012(2012): 1-16, 2011.

GOOSSENS, G.H. The Renin-Angiotensin System in the Pathophysiology of Type 2 Diabetes. **Obes Facts**. 5(4): 611-624, 2012.

GOMES, R.J.; CAETANO, F.H.; HERMINI, H.A.; ROGATTO, G.P.; LUCIANO, E. Efeitos do treinamento físico sobre o hormônio do crescimento (GH) e fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-1) em ratos diabéticos. **R. bras. Ci. e Mov**. 11(3): 57-62, 2003.

GUIGAS, B.; DETAILLE, D.; CHAUVIN, C.; BATANDIER, C.; OLIVEIRA, F.; FONTAINE, E.; LEVERVE, X. Metformin inhibits mitochondrial permeability transition and cell death: a pharmacological in vitro study. **Biochem J**. 382: 877-884, 2004.

GRANT, R.W.; DIXIT, V.D. Mechanism of disease: inflammasome activation and the development of type 2 diabetes. **Front Immunol**. 4(50): 1-10, 2013.

GREEN, A.J.; FOX, K.M.; GRANDY, S. Impact of Regular Exercise and Attempted Weight Loss on Quality of Life among. **J Obes**. 2011: 172073, 2011.

GREENE, N.P.; MARTIN, S.E. CROUSE, S.F. Acute Exercise and Training Alter Blood Lipid and Lipoprotein Profiles Differently in Overweight and Obese Men and Women. **Obesity**. 20(8): 1618-1162, 2012.

GROSS, J.L.; KRAMER, C.K.; LEITÃO, C.B.; HAWKINS, N.; VIANA, L.V.; SCHAAN, B.D.; PINTO, L.C.; AZEVEDO, M.J. Effect of antihyperglycemic agents added to metformin and a sulfonylurea on glycemic control and weight gain in type 2 diabetes: a network meta analysis. **Ann Intern Med**. 154(10): 672-679, 2011.

HAGBERG, J.M.; MONTAIN, S.J.; MARTIN, W.H. EHSANI, A.A. Effect of exercise training in 60- to 69-year-old persons with essential hypertension. **Am J Cardiol.** 64(5): 348-353, 1989.

HAMMERUM, M.S.; BIE, P.; PUMP, B.; JOHANSEN, L.B.; CHRISTENSEN, N.J.; NORSK, P. Vasopressin, angiotensin II and renal responses during water immersion in hydrated humans. **J Physiol.** 511(1): 323-330, 1998.

HANESTAD, B.R.; ALBREKTEN, G. Quality of life, perceived difficulties in adherence to a diabetes regimen, and blood glucose control. **Diabet Med.** 8(8): 759-764, 1991.

HAYASHINO, Y.; JACKSON, J.L.; FUKUMORI, N.; NAKAMURA, F.; FUKUHARA, S. Effects of supervised exercise on lipid profiles and blood pressure control in people with type 2 diabetes mellitus: A meta-analysis of randomized controlled trials. **Diabetes Res Clin Pract.** 98(3): 349-360, 2012.

HAWLEY, J.A.; GIBALA, M.J. What's new since Hippocrates? Preventing type 2 diabetes by physical exercise and diet. **Diabetologia.** 55(3): 535-539, 2012.

HEYWARD, V.H.; STOLARCZYK, L.M. **Avaliação da Composição Corporal Aplicada.** São Paulo: Manole, 2000.

HIGGINS, T. HbA(1c) - an analyte of increasing importance. **Clinical Biochemistry.** 45: 1038-1045, 2012.

HOLLOSZY, J. O. Exercise-induced increase in muscle insulin sensitivity. **J Appl Physiol** 99(1): 338-343, 2005.

HOUMARD, J.A.; CHARLES, J.; TANNER SLENTZ, C.A.; DUSCHA, B.D.; MCCARTNEY, J.S. Effect of the volume and intensity of exercise training on insulin sensitivity. **J Appl Physiol.** 96(1): 101-106, 2004.

HOWLEY, E.T.; BASSETT Jr, D.R.; WELCH, H.G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Med Sci Sports Exerc.** 27(9): 1292-1301, 1995.

HU, G.; JOUSILAHTI, P.; BARENGO, N.C.; QIAO, Q.; LAKKA, T.A.; TUOMILEHTO, J. Physical Activity, Cardiovascular Risk Factors, and Mortality Among Finnish Adults With Diabetes. **Diabetes Care**. 28(4): 799-805, 2005.

IJZERMAN, T.H.; SCHAPER, N.C.; MELAI, T.; MEIJER, K.; WILLEMS, P.J.; SAVELBERG, H.H. Lower extremity muscle strength is reduced in people with type 2 diabetes, with and without polyneuropathy, and is associated with impaired mobility and reduced quality of life. **Diabetes Res Clin Pract**. 95(3): 345-351, 2012.

JAYAWARDENA, R.; RANASINGHE, P.; BYRNE, N.M.; SOARES, M.J.; KATULANDA, P.; HILLS, A.P. Prevalence and trends of the diabetes epidemic in South Asia: a systematic review and meta-analysis. **BMC Public Health**. 12(1): 380, 2012.

JESSEN, N.; GOODYEAR, L.J. Contraction signaling to glucose transport in skeletal muscle. **J Appl Physiol**. 99(1): 330-7, 2005.

JOHANSEN, L.B.; PUMP, B.; WARBERG, J.; CHRISTENSEN, N.J.; NORSK P. Preventing hemodilution abolishes natriuresis of water immersion in humans. **Am J Physiol**. 275: R879-888, 1998.

JONES, L.M.; MEREDITH-JONES, K.; LEGGE, M. The Effect of Water-Based Exercise on Glucose and Insulin Response in Overweight Women: A Pilot Study. **J Womens Health**. 8(10): 1653-1659, 2009.

JORGE, M.L.; DE OLIVEIRA, V.N.; RESENDE, N.M.; PARAISO, L.F.; CALIXTO, A.; DINIZ, A.L.D.; RESENDE, E.S.; ROPELLE, E.R.; CARVALHEIRA, J.B.; ESPINDOLA, F.S.; JORGE, P.T.; GELONEZE, B. The effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic control, inflammatory markers, adipocytokines, and muscle insulin signaling in patients with type 2 diabetes mellitus. **Metabolism**. 60(9): 1244-1252, 2011.

KADER, S.M.A.E; GARI, M.A.; MOHAMED, E.M.; ASHMAWY, M.S.E.D. Exercise Training Modulates Insulin Resistance and Inflammatory Cytokines in Obese Non-insulin Dependent Diabetic Patients. **Adv Environ Biol**. 6(2): 598-604, 2012.

KADOGLU, N.P.E.; FOTIADIS, G.; KAPELOUZOU, A.; KOSTAKIS, A.; LIAPIS, C.D.; VRABAS, I.S. The differential anti-inflammatory effects of exercise modalities and their association with early carotid atherosclerosis progression in patients with Type 2 diabetes. **Diabet Med.** 30(2), e41-e50, 2013.

KARSTOFT, K.; WINDING, K.; KNUDSEN, S.H.; NIELSEN, J.S.; THOMSEN, C.; PEDERSEN, B.K.; SOLOMON, T.P.J. The Effects of Free-Living Interval-Walking Training on Glycemic Control, Body Composition, and Physical Fitness in Type 2 Diabetes Patients. **Diabetes Care.** 36(2): 228-236, 2012.

KAMPF, C.; LAU, T.; OLSSON, R.; LEUNG, P.S.; CARLSSON, P-O. Angiotensin II type 1 receptor inhibition markedly improves the blood perfusion, oxygen tension and first phase of glucose-stimulated insulin secretion in revascularised syngeneic mouse islet grafts. **Diabetologia.** 48(6): 1159-1167, 2005.

KANITZ, A.C. **Respostas cardiorrespiratórias máximas e submáximas de mulheres jovens na corrida em piscina funda.** Porto Alegre, 2010. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

KANITZ, A.C.; SILVA, E.M.; ALBERTON, C.L.; KRUEL, L.F.M. Comparação das respostas cardiorrespiratórias de mulheres jovens realizando um exercício de hidroginástica com e sem deslocamento nos meios terrestre e aquático. **Rev Bras Ed Fís Esp.** 24(3): 353-362, 2010.

KASPER, S.O.; CASTLE, S.M.; DALEY BJ, ENDERSON BL, KARLSTAD MD. Blockade of the rennin-angiotensin system improves insulin sensitivity in thermal injury. **SHOCK.** 26(5): 485-488, 2006.

KENNY, G.P.; YARDLEY, J.E.; MARTINEAU, L.; JAY, O. Physical work capacity in older adults: implications for the aging worker. **Am J Ind Med.** 51(8): 610-625, 2008.

KULICS, J.M.; COLLINS, H.L.; DICARLO, S.E. Postexercise hypotension is mediated by reductions in sympathetic nerve activity. **Am. J. Physiol.** 276(45): H27-H32, 1999.

KWON, H.R.; MIN, K.W.; AHN, H.J.; SEOK, H.G.; LEE, J.H.; PARK, G.S.; HAN, K.A. Effects of Aerobic Exercise vs. Resistance Training on Endothelial Function in Women with Type 2 Diabetes Mellitus. **Diabetes Metab J.** 35(4): 364-373, 2011.

LABARRERE, C.A.; ZALOGA, G.P. C-Reactive Protein: From Innocent Bystander to Pivotal Mediator of Atherosclerosis. **Am J Med.** 117(7): 499-507, 2004.

LEVY, W.C.; CERQUEIRA, M.D.; HARP, G.D.; JOHANNESSEN, K.A.; ABRASS, I.B.; SCHWARTZ, R.S.; STRATTON, J.R. Effect of endurance exercise training on heart rate variability at rest in healthy young and older men. **Am J Cardiol.** 82(10): 1236-1241, 1998.

LIMA, W.C.; SILVA, C.A. Efeito Benéfico do Exercício Físico no Controle Metabólico do Diabetes Mellitus Tipo 2 à Curto Prazo. **Arq Bras Endocrinol e Metab.** 46(5): 550-556. 2002.

MAIORANA, A.; O'DRISCOLL, G.; GOODMAN, C.; TAYLOR, R.; GREEN, D. Combined aerobic and resistance exercise improves glycemic control and fitness in type 2 diabetes. **Diabetes Res Clin Pract.** 56(2): 115-123, 2002.

MALFATTO, G.; FACCHINI, M.; BRAGATO, R.; BRANZI, G.; SALA, L.; LEONETTI, G. Short and long term effects of exercise training on the tonic autonomic modulation of heart rate variability after myocardial infarction. **Eur Heart J.** 17(4): 532-538, 1996.

MARTINELLI, B.; BARRILE, S.R.; ARCA, E.A.; FRANCO, R.J.S.; MARTIN, L.C. Effect of Aerobic Exercise on Plasma Renin in Overweight Patients with Hypertension. **Arq Bras Cardiol.** 95(1): 91-98, 2010.

MARTINELLI, B.; ARCA, E.A.; FRANCO, R.J.S.; MARTIN, L.C. Comportamento da atividade de renina plasmática mediante exercício físico na hipertensão arterial e sobrepeso. **Rev Bras Clin Med.** 9(5): 369-376, 2001.

MATHUR, N.; PEDERSEN, B.K. Exercise as a Mean to Control Low-Grade Systemic Inflammation. **Mediators Inflamm.** 2008: 109502, 2008.

MERCURI, N.; ARRECHEA, V. Atividade física e diabetes mellitus. **Diabetes Clínica.** 5: 347-349, 2001.

MEREDITH-JONES, K.; LEGGE, M.; JONES, L.M.; Circuit based deep water running improves cardiovascular fitness, strength and abdominal obesity in older, overweight women aquatic exercise intervention in older adults. **Med Sports.** 13(1): 5-12, 2009.

MEREDITH-JONES, K.; WATERS, D.; LEGGE, M.; JONES, L. Upright water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health: A qualitative review. **Complement Ther Med.** 19(2): 93-103, 2011.

MEYER, T.; LUCÍA, A.; EARNEST, C.P.; KINDERMANN, W. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters--theory and application. **Int J Sports Med.** 26. Suppl 1: S38-48, 2005.

MICHAUD, T.J.; BRENNAN, D.K.; WILDER, R.P.; SHERMAN, N.W. Aquarunning and gains in cardiorespiratory fitness. **J Strength Cond Res.** 9(2): 78-84, 1995.

MIYOSHI, T.; SHIROTA, T.; YAMAMOTO, S.; NAKAZAWA, K.; AKAI, M. Effect of the walking speed to the lower limb joint angular displacements, joint moments and ground reaction forces during walking in water. **Disabil Rehabil.** 26(12): 724-732, 2004.

MONTEIRO, L.Z.; FIANI, C.R.V.; FREITAS, M.C.F.; ZANETTI, M.L.; FOSS, M.C. Decrease in Blood Pressure, Body Mass Index and Glycemia after Aerobic Training in Elderly Women with Type 2 Diabetes. **Arq Bras Cardiol.** 95(5): 563-570, 2010.

MORIKAWA, M.; OKAZAKI, K.; MASUKI, S.; KAMIJO, Y.; YAMAZAKI, T.; GEN-NO, H.; NOSE, H. Physical fitness and indices of life style related diseases before and after interval walking training in middle-aged and older males and females. **Br J Sports Med.** 45(3): 216-224, 2011.

MÜLLER, E.S.M.; BLACK, G.L.; FIGUEIREDO, P.P.; KRUEL, L.F.M.; HANISCH, C.; APPELL, H.J. Comparação eletromiográfica do exercício abdominal dentro e fora da água. **Rev Port Cien Desp.** 3(5): 255-265, 2005.

NAKANISHI, Y.; KIMURA, T.; YOKO, Y. Physiological responses to maximal treadmill and deep water running in the young and the middle aged males. **Appl Human Sci.** 18(3): 31-35, 1999.

NATALI, A.; FERRANNINI, E. Hypertension, insulin resistance, and the metabolic syndrome. **Endocrinol Metab Clin North Am.** 33(2): 417-429, 2004.

NICOLUCCI, A.; BALDUCCI, S.; CARDELLI, P.; CAVALLO, S.; FALLUCA, S.; BAZURO, A.; SIMONELLI, P.; PUGLIESE, G. Relationship of exercise volume to improvements of quality of life with supervised exercise training in patients with type 2 diabetes in a randomized controlled trial: the Italian Diabetes and Exercise Study (IDES). **Diabetologia.** 55(3): 579-588, 2012.

NG, C.L.W.; GOH, S.Y.; MALHPTRA, R.; ØSTBYE, T.; TAI, E.S. Minimal difference between aerobic and progressive resistance exercise on metabolic profile and fitness in older adults with diabetes mellitus: a randomized trial. **Journal of Physiotherapy.** 56(3): 163-170, 2010.

NOWAK, A.; PILACZYNSKA-SZCZESNIAK, L.; SLIWICKA, E.; DESKUR-SMIELECKA, E.; KAROLKIEWICZ, L.; PIECHOWIAK, A. Insulin resistance and glucose tolerance in obese women: the effects of a recreational training program. **J Sports Med Phys Fitness.** 48(2): 252-258, 2008.

NUTTAMONWARAKUL, A.; AMATYAKUL, S.; SUKSOM, D. Twelve Weeks of Aqua-Aerobic Exercise Improve Physiological Adaptations and Glycemic Control in Elderly Patients with Type 2 Diabetes. **JEPonline.** 15(2): 64-70, 2012.

OLIVEIRA, E. P.; DE SOUZA, M.L.A.; DE LIMA, M.D.A. Índice HOMA (*homeostasis model assessment*) na prática clínica: uma revisão. **J Bras Patol Med Lab.** 41(4): 237-243, 2005.

OLIVEIRA, C.O_a.; SIMÕES, M.; CARVALHO, J.; RIBEIRO, J. Combined exercise for people with type 2 diabetes mellitus: A systematic review. **Diabetes Res Clin Pract.** 98(2): 187-198, 2012.

OLIVEIRA, P. P_b.; FACHIN, S.M.; TOZATTI, J.; FERREIRA, M.C.; MARINHEIRO, L.P.F. Análise comparativa do risco de quedas entre pacientes com e sem diabetes mellitus tipo 2. **Rev Assoc Med Bras.** 58(2): 234-239, 2012.

PASETTI, S.R.; GONÇALVES, A.; PADOVANI, C.R. Continuous training versus interval training in deep water running: health effects for obese women. **Rev Andal Med Deporte.** 5(1):3-7, 2012.

PARK, K.S.; CHOI, J.K.; PARK, Y.S. Cardiovascular regulation during water immersion. **Appl Human Sci.** 18(6): 233-241, 1999.

PARK, S.W.; GOODPASTER, B.H.; STROTMEYER, E.S.; DE REKENEIRE, N.; HARRIS, T.B.; SCHWARTZ, A.V.; TYLAVSKY, F.A.; NEWMAN, A.B. Decreased muscle strength and quality in older adults with type 2 diabete. The health, aging and body composition study. **Diabetes.** 55(6): 1813-1818, 2006.

PAULI, J.R.; CINTRA, D.E.; SOUZA, C.T.; ROPELLE, E.R. Novos mecanismos pelos quais o exercício físico melhora a resistência à insulina no músculo esquelético. **Arq Bras Endocrinol Metab.** 53(4): 399-408, 2009.

PENDERGAST, R.; LUNDGREN, C.E.G. The underwater environment: cardiopulmonary, thermal, and energetic demands. **J Appl Physiol.** 106(1): 276-283, 2009.

PETROSKI, E.L. **Desenvolvimento e validação de equações generalizadas para a estimativa da densidade corporal em adultos.** Santa Maria, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, 1995.

PEYRÉ-TARTARUGA, L.A.; KRUEL, L.F.M. Corrida em piscina funda: limites e possibilidades para o alto desempenho. **Rev Bras Med Esporte.** 14(6): 500-504, 2006.

PEYRÉ-TARTARUGA, L. A.; TARTARUGA, M. P.; COERTJENS, M.; BLACK, G.L.; OLIVEIRA, A.R.; KRUEL, L.F.M. Physiologic and Kinematical Effects of Water Run Training on Running Performance. **Int J Aquatic Res Edu.** 3(2): 135-150, 2009.

PHIELIX, E.; SZENDROEDI, J.; RODEN, M. Mitochondrial function and insulin resistance during aging: a mini-review. **Gerontology.** 57(5): 387-396, 2011.

PODSIADLO, D.; RICHARDSON, S. The timed 'Up and Go': A test of basic functional mobility for frail elderly persons. **J Am Geriatr Soc.** 39(2): 142-148, 1991.

PONTES F.L.Jr.; BACURAU, R.F.; MORAES, M.R.; NAVARRO, F.; CASARINI, D.E.; PESQUERO, J.L.; PESQUERO, J.B.; ARAÚJO, R.C.; PIÇARRO, I.C. Kallikrein kinin system activation in post-exercise hypotension in water running of hypertensive volunteers. **Int Immunopharmacol.** 8(2): 261-266, 2008.

POWERS, S.K.; HOWLEY, E.T. **Fisiologia do Exercício: Teoria e Aplicação ao Condicionamento e ao Desempenho.** Edição brasileira: Manole, 2009.

RAMALHO, A.C.; LIMA, M.L.; NUNES, F.; CAMBUÍ, Z.; BARBOSA, C.; ANDRADE, A.; VIANA, A.; MARTINS, M.; ABRANTES, V.; ARAGÃO, C.; TEMÍSTOCLES, M. The effect of resistance versus aerobic training on metabolic control in patients with type-1 diabetes mellitus. **Diabetes Res Clin Pract.** 72(3): 271-276, 2006.

RAMALHO, A.C.; SOARES, S. O papel do Exercício no Diabetes Melito tipo 1. **Arq Bras Endocrinol Metab.** 52(2): 260-267, 2008.

REUSCH, J.E.B.; BRIDENSTINE, M.; REGENSTEINER, J.G. Type 2 diabetes mellitus and exercise impairment. **Rev Endocr Metab Disord.** 14: 77-86, 2013.

RIM, H.; YUN, Y.M.; LEE, K.M.; KWAK, J.T.; AHN, D.W.; CHOI, J.K.; KIM, K.R.; JOH, Y.D.; KIM, J.Y.; PARK, Y.S. Effect of physical exercise on renal response to head-out water immersion. **Appl Human Sci.** 16(1): 35-43, 1997.

RISCH, W.D.; KOUBENEC, H.; BECKMANN, B.; LANGE, S.; GAUER, O.H. The Effect of Graded Immersion on Heart Volume, Central Venous Pressure, Pulmonary Blood Distribution, and Heart Rate in Man. **Pflügers Arch.** 374: 115-118, 1978.

RODRIGUEZ, D.; SILVA, V.; PRESTES, J.; RICA, R.L.; SERRA, A.J.; BOCALINI, D.S. JUNIOR, F.L.P. Hypotensive response after water-walking and land-walking exercise sessions in healthy trained and untrained women. **International Journal of General Medicine.** 4: 549-554, 2011.

ROQUE, F.R.; HERNANZ, R.; SALAICES, M.; BRIONES, A. Exercise Training and Cardiometabolic Diseases: Focus on the Vascular System. **Curr Hypertens Rep.** 15(3): 204-214, 2013.

SIGAL, R.J.; KENNY, G.P.; WASSERMAN, D.H.; CASTANEDA-SCEPPA, C. Physical activity/exercise and type 2 diabetes. **Diabetes Care.** 27(10): 2518-2539, 2004.

SIGAL, R.J.; KENNEY, G.P.; BOULÉ, N.G.; WELLS, G.A.; PRUD'HOMME, D.; FORTIER, M.; REID, R.D.; TULLOCH, H.; COYLE, D.; PHILLIPS, P.; JENNINGS, A.; JAFFEY, J. Effects of Aerobic Training, Resistance Training, or Both on Glycemic Control in Type 2 Diabetes. **Ann Intern Med.** 147(6): 357-69, 2007.

SILVA, E.M.; KRUEL, L.F.M. Caminhada em Ambiente Aquático e Terrestre: Revisão de Literatura Sobre a Comparação das Respostas Neuromusculares e Cardiorrespiratórias. **Rev Bras Med Esporte.** 14(6): 500-504, 2008.

SCHULZE, M.B.; RIMM, E.B.; LI, T.; RIFAI, N.; STAMPFER, M.J.; HU, F.B. C-reactive protein and incident cardiovascular events among men with diabetes. **Diabetes Care.** 27(4): 889-894.

SCHEEN, A.J. Prevention of type 2 diabetes mellitus through inhibition of the Renin-Angiotensin system. **Drugs.** 64(22): 2537-2565, 2004.

SHELDAHL, L.M.; WANN, L.S.; CLIFFORD, P.S.; TRISTANI, F.E.; WOLF, L.G.; KALBFLEISH, J.H. Effect of central hypervolemia on cardiac performance during exercise. **J. Appl. Physiol.** 52(6): 1662-1667, 1984.

SHERWIN, R.; JASTREBOFF, A.M.; Year in Diabetes 2012: The Diabetes Tsunami. **J Clin Endocrinol Metab.** 97(12): 4293-4301, 2012.

SHAW, J.E.; SICREE, R.A.; ZIMMET, P.Z. Global estimates of the prevalence of diabetes for 2010 and 2030. **Diabetes Res Clin Pract.** 87(1): 4-14, 2010.

Sociedade Brasileira de Diabetes. **Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes.** Itapevi: A. Araújo Silva Farmacêutica, 2009.

SOINIO, M.; MARNIEMI, J.; LAAKSO, M.; LEHTO, S.; RÖNNEMAA, T. High-sensitivity C-reactive protein and coronary heart disease mortality in patients with type 2 diabetes: a 7-year follow-up study. **Diabetes Care.** 29(2): 329-333, 2006.

SOSENKO, J.M.; BRESLOW, J.L.; MIETTINEN, O.S.; GABBAY, K.H. Hyperglycemia and plasma lipid levels: a prospective study of young insulin-dependent diabetic patients. **N Engl J Med.** 302(12): 650-654, 1980.

SULLIVAN, P.W.; MORRATO, E.H.; GHUSHCHYAN, V.; WYATT, H.R.; HILL, J.O. Obesity, Inactivity, and the Prevalence of Diabetes and Diabetes-Related Cardiovascular Comorbidities in the U.S., 2000-2002. **Diabetes Care.** 28(7): 1599-1603, 2005.

SWIFT, D.L.; JOHANNSEN, N.M.; EARNEST, C.P.; BLAIR, S.N.; CHURCH, T.S. Effect of exercise training modality on C-reactive protein in type 2 diabetes. **Med Sci Sports Exerc.** 44(6): 1028-1034, 2012.

TAKESHIMA, N.; ROGERS, M.E.; WATANABE, E.; BRECHUE, W.F.; OKADA, A.; YAMADA, T.; ISLAM, M.M.; HAYANO, J. Water-Based Exercise Improves Health-Related Aspects of Fitness in Older Women. **Med Sci Sports Exerc.** 34(3): 544-551, 2002.

TESSIER, D.; MÉNARD, J.; FÜLÖP, T.; ARDILOUZE, J.L.; ROY, M.A.; DUBUC, N.; DUBOIS, M.F.; GAUTHIER, P. Effects of aerobic physical exercise in the elderly with type 2 diabetes mellitus. **Arch Gerontol Geriatr.** 31(2): 121-132, 2000.

TOKMAKIDIS, S.P.; ZOIS, C.E.; VOLAKLIS, K.A.; KOTSA, K.; TOURVRA, A.M. The effects of a combined strength and aerobic exercise program on glucose control and insulin action in women with type 2 diabetes. **Eur J Appl Physiol.** 92(4-5):437-442, 2004.

TORMEN, M.L.S. **Efeitos do Treinamento e Destreinamento de Hidroginástica no Perfil Lipídico e na Remodelação Óssea em Mulheres Pré-menopáusicas.** [Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano]. Porto Alegre (RS): Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2007.

UMPIERRE, D.; RIBEIRO, P.A.B.; KRAEMER, C.K.; LEITÃO, C.B.; ZUCATTI, A.T.N.; AZEVEDO, M.J.; GROSS, J.L.; RIBEIRO, J.P.; SCHAAN, B.D. Physical Activity Advice Only or Structured Exercise Training and Association With HbA1c Levels in Type 2 Diabetes. **JAMA.** 305(17): 1790-1799, 2011.

UMPIERRE, D.; RIBEIRO, P.A.B.; RIBEIRO, J.P.; SCHAAN, B.D. Volume of supervised exercise training impacts glycaemic control in patients with type 2 diabetes: a systematic review with meta-regression analysis. **Diabetologia.** 56(2): 242-251, 2013.

VADSTRUP, E.S.; FROLICH, A.; PERRILD, H.; BORG, E.; RODER, N. Lifestyle intervention for type 2 diabetes patients – trial protocol of The Copenhagen Type 2 Diabetes Rehabilitation Project. **BMC Public Health.** 9(166), 2009.

VAN DER HEIJDEN, M.M.P.; VAN DOOREN, F.E.P.; POP, V.J.M.; POWWER, F. Effects of exercise training on quality of life, symptoms of depression, symptoms of anxiety and emotional well-being in type 2 diabetes mellitus: a systematic review. **Diabetologia.** 56(6): 1210-1225, 2013.

VANCEA, D.M.; VANCEA, J.N.; PIRES, M.I.; REIS, M.A.; MOURA, R.B.; DIB, S.A. Effect of Frequency of Physical Exercise on Glycemic Control and Body Composition in Type 2 Diabetic Patients. **Arq Bras Cardiol.** 92(1): 22-28, 2009.

VANCINI, R.L.; LIRA, C.A.B.; Aspectos gerais do diabetes mellitus e exercício. Centro de Estudos de Fisiologia do Exercício (CEFE). 1-15, 2004.

VANHESS, L.; FAGARD, R.; LIJNEN, P.; MOERMAN, E.; DE GEEST, H.; AMERY, A. Influence of physical training of blood pressure, plasma rennin, angiotensin and catecholamines in patients with ischemic heart disease. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol.** 53(3): 219-224, 1984.

VOLAKLIS, K.A.; SPASSIS, A.T.; TOKMAKIDIS, S.P. Land Versus Water Exercise in Patients With Coronary Artery Disease: Effects on Body Composition, Blood Lipids, and Physical Fitness. **Am Heart J.** 154(560): 562-566, 2007.

VOLPATO, S.; BIANCHI, L.; LAURETANI, F.; LAURETANI, F.; BANDINELLI, S.; GURALNIK, J.M.; ZULIANI, G.; FERRUCCI, L. Role of muscle mass and muscle quality in the association between diabetes and gait speed. **Diabetes Care.** 35(8): 1672-1679, 2012.

WANG, Y.; SIMAR, D.; FIATARONE SINGH, M.A. Adaptations to exercise training within skeletal muscle in adults with type 2 diabetes or impaired glucose tolerance: a systematic review. **Diabetes Metab Res Rev.** 25(1): 13-40, 2009.

WASSERMAN, K.; WHIPP B.J.; KOYAL, S.N.; BEAVER, W.L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **J Appl Physiol.** 35(2): 236-243, 1973.

WILMORE, J.H; COSTILL, D.L.; KENNEY, W.L. **Physiology of Sports and Exercise.** United States: Human Kinetics, 2010.

WHITING, D.R.; GUARIGUATA, L.; WEIL, C.; SHAW, J. IDF Diabetes Atlas: Global estimates of the prevalence of diabetes for 2011 and 2030. **Diabetes Res Clin Pract.** 94(3): 311-321, 2011.

ZABOTTO, C.B. **Registro Fotográfico para Inquéritos Dietéticos: Utensílios e Porções.** UNICAMP: São Paulo, 1996.

APÊNDICES

APÊNDICE A – ANÚNCIO DO JORNAL

Projeto de Pesquisa da Escola de Educação Física da UFRGS convoca homens e mulheres com idade a partir de 50 anos, com diagnóstico de diabetes mellitus tipo 2, e que não estejam realizando atividade física a no mínimo 3 meses para a prática de treinamento aeróbico em pista atlética ou em piscina funda (jogging aquático) gratuitamente. Serão realizadas avaliações físicas e coletas sanguíneas antes e após o período do treinamento. Interessados entrar em contato com o Prof^o. Rodrigo Delevatti pelos telefones (51) 3308 5820 ou (55) 96320213 de segunda a sexta das 8:30 às 18:00."

APÊNDICE B – ANAMNESE

Data: ____/____/____

Nº:

DADOS PESSOAIS

Nome Completo:	Sexo: Fem(1) Masc(2)
Mulheres – pré menopáusicas (1) - pós menopáusicas (2)	
Data de Nasc. :	Idade:
Endereço:	
Telefone:	Telefone para emergência:

Grupo étnico (impressão do entrevistador): (1) Caucaóide (2) Negróide (3) Outro

Tempo de diabetes: _____ anos.

Fumante: (1) Sim (2) Não

Tempo: _____ **Quantidade (dia):** _____

1) O senhor(a) pratica exercícios físico? (1) Sim (2) Não (3) Às vezes

Número de dias: _____ (semana) **Tempo:** _____ (horas/dia)

2) Alguma vez seu médico disse que você possui algum problema de coração e recomendou que você só praticasse atividade física sob prescrição médica?

(1) Sim (2) Não (3) Não sei

3) O senhor(a) sente dor no peito quando realiza uma atividade física?

(1) Sim (2) Não (3) Não sei

4) No último mês, o senhor (a) teve dor no peito quando não estava realizando um atividade física?

(1) Sim (2) Não (3) Não sei

5) Seu médico disse que o senhor possui pressão arterial alta e/ou indicou o uso de alguma medicação para controlar a pressão arterial?

(1) Sim (2) Não (3) Não sei

6) O senhor(a) tem conseguido manter os níveis de pressão arterial controlados?

(1) Sim (2) Não (3) Não sei

6) Algum médico já lhe disse que possui problemas no sistema nervoso em função do diabetes (neuropatia autonômica ou neuropatia periférica severa)?

(1) Sim (2) Não. Qual? _____

7) O senhor(a) apresenta frequentemente: visão embaçada/cegueira noturna/visão dupla/perda de visão periférica ou sensação de pressão nos olhos?

(1) Sim (2) Não (3) Não sei

8) Seu médico já proibiu o senhor(a) de fazer um esforço físico mais forte por poder prejudicar sua visão?

(1) Sim (2) Não

9) Algum médico já disse que o senhor possui retinopatia diabética proliferativa ou retinopatia diabética não proliferativa severa?

(1) Sim (2) Não Qual? _____

10) Já teve algum derrame nos olhos ou precisou fazer aplicação de laser?

(1) Sim (2) Não

11) O senhor(a) apresenta úlceras de difícil cicatrização?

(1) Sim (2) Não (3) Não sei

12) O senhor(a) já precisou amputar algum dedo?

(1) Sim (2) Não

13) Algum médico já lhe falou que possui pé diabético?

(1) Sim (2) Não

14) O seu médico alguma vez chegou a comentar com o senhor(a) se a sua função renal é alterada ou apresenta aumento de excreção de proteína na urina?

(1) Sim (2) Não (3) Não sei

15) O senhor(a) apresenta frequentemente: palpitações em repouso / incapacidade ao exercício físico / arritmias cardíacas / hipotensão postural (tonturas ao mudar de posição ou levantar-se)?

(1) Sim (2) Não (3) Não sei

16) O senhor (a) sente dor ou desconforto na(s) perna(s) quando caminha?

(1) Sim (2) Não

Quando o senhor(a) para de caminhar a dor continua?

(1) Sim (2) Não

Essa dor aparece quando o senhor(a) está parado, em pé ou sentado?

Parado (1) Em pé (2) Sentado (3)

17) O senhor(a) tem artrose?

(1) Sim (2) Não (3) Não sei. Em qual articulação? _____

18) O senhor(a) tem algum comprometimento muscular ou articular que impeça a realização de exercícios físicos?

(1) Sim (2) Não (3) Não sei

19) Tem alguma viagem programada para este ano?

(1) Sim (2) Não (3) Não sei

MEDICAÇÕES EM USO:

Medicamento: _____

Dose: _____

Medicamento: _____

Dose: _____

Medicamento: _____

Dose: _____

Medicamento: _____

Dose: _____

Observações gerais:

EXAMES CLÍNICOS:

1) HbA1C: _____ Data dos exames: ____ / ____ / ____

2) Glicemia de jejum: _____ Data dos exames: ____ / ____ / ____

3) Glicemia pós-prandial: _____ Data dos exames: ____ / ____ / ____

4) Creatinina: _____ Data dos exames: ____ / ____ / ____

5) Albuminúria: _____ Data dos exames: ____ / ____ / ____

6) Exame de fundo de olho: _____ Data dos exames: ____ / ____ / ____

EM USO DE INSULINA, DOSE DIÁRIA:

NPH _____ REGULAR _____

LISPRO _____ GLULISINA _____

OUTRA: _____

Obs.:

APÊNDICE C – PODERES ESTATÍSTICOS

Poder das ANOVAS para medidas repetidas com fator grupo

	TEMPO	TEMPO*GRUPO	GRUPO
VO ₂ pico	0,410	0,093	0,052
VO ₂ LV2	0,054	0,111	0,082
%VO ₂ LV2	0,593	0,072	0,059
PAS	0,338	0,051	0,056
PAD	0,234	0,076	0,056
FCrep	0,767	0,050	0,051
TUG-Vel. hab	0,683	0,052	0,492
TUG-Vel. máx	0,725	0,073	0,367
GJ	0,189	0,193	0,080
GPP	0,119	0,075	0,245
HbA1c	0,575	0,065	0,061
IJ	0,208	0,310	0,558
HOMA-IR	0,053	0,340	0,592
CT	0,496	0,307	0,050
HDL	0,984	0,146	0,142
LDL	0,587	0,080	0,050
TG	0,152	0,186	0,090
ARP	0,579	0,071	0,060
PCRus	0,958	0,072	0,174
Qualidade de vida geral	0,334	0,177	0,094
Domínio Físico	0,687	0,054	0,051
Domínio psicológico	0,627	0,119	0,197
Relações sociais	0,090	0,057	0,066
Domínio ambiental	0,246	0,052	0,052

APÊNDICE D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Estamos convidando você a participar do estudo intitulado “Efeitos de dois modelos de treinamento aeróbico realizados em diferentes meios sobre parâmetros cardiorrespiratórios, hormonais e metabólicos de pacientes com diabetes mellitus tipo 2 – Um ensaio clínico randomizado”, que tem como objetivo analisar os efeitos de dois programas de treinamento aeróbico realizados em diferentes meios sobre parâmetros cardiorrespiratórios, hormonais e metabólicos.

No estudo haverá dois grupos de treinamento físico, e você poderá participar em um destes dois grupos. Esta definição ocorrerá através de um **sorteio**.

O envolvimento com o estudo terá duração de 17 semanas, sendo que durante este período será necessária a sua contribuição em torno de **três vezes** por semana, por um período de, aproximadamente, **1 hora** em cada dia. Os encontros serão na Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (localizada na Rua Felizardo, 750, Jardim Botânico). As sessões de treinamento serão realizadas na pista atlética ou na piscina grande do Centro Natatório da referida escola. Em dias chuvosos, as sessões de treinamento que ocorrerão na pista atlética serão transferidas para as dependências do Centro Natatório da mesma escola.

Este estudo compreende os seguintes procedimentos:

- Realização de três testes máximos, dois que serão realizados em esteira ergométrica e um de corrida em piscina funda. Estes testes serão realizados com aumento progressivo do nível de esforço, até que você queira parar a realização do teste;
- Realização de medidas de composição corporal (peso, altura, circunferência de cintura e dobras de gordura corporal).
- Realização de coletas de sangue em jejum e duas horas após um café padronizado;
- Realização de coletas de sangue antes e após duas das sessões de treinamento;
- Realização de medidas de glicemia capilar em um dos dedos das mãos antes, durante e após todos os testes e sessões de treinamento;
- Preenchimento de questionários sobre sintomas depressivos e qualidade de vida.

O risco relacionado à sua participação nestes grupos é muito baixo, porém existindo algumas possibilidades de desconforto por cansaço. O exercício sempre será mantido em um

nível de esforço seguro e será imediatamente suspenso, se necessário for e você receberá o atendimento adequado.

Os benefícios de participar deste estudo serão o conhecimento do seu estado físico e de resultados de diferentes exames importantes no controle do diabetes tipo 2 e a possibilidade de realização de atividade física orientada por um profissional de educação física.

Durante os testes máximos de esteira ergométrica e na piscina, você estará respirando através de uma máscara, na qual estará colocado um analisador de gases.

Nestes testes de esforço máximo estarão envolvidos os seguintes riscos e desconfortos: dor e cansaço muscular temporário. Há a possibilidade de alterações nos batimentos cardíacos e na pressão arterial. Porém, entende-se que seus batimentos cardíacos serão monitorados durante os testes de laboratório, e que você poderá interromper o teste a qualquer momento.

Durante os testes estará presente um médico responsável, além de estar disponível, no laboratório, uma linha telefônica para a Assistência Médica de Emergência (SAMU - 192).

Dos procedimentos de testes:

Os procedimentos escritos acima têm sido explicados para mim por Luiz Fernando Martins Kruehl e/ou seus orientandos, Rodrigo Sudatti Delevatti e bolsistas selecionados. Estes irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo a esses procedimentos. Todos os dados em relação a minha pessoa irão ficar confidenciais e disponíveis apenas sob minha solicitação escrita. Além disso, eu entendo que no momento da publicação, não irá ser feita associação entre os dados publicados e a minha pessoa.

Não haverá compensação financeira pela minha participação neste estudo, porém também não terei custos para participar do estudo. Poderei fazer contato com os pesquisadores responsáveis pelo estudo para quaisquer problemas referentes à minha participação no estudo ou se eu sentir que há uma violação dos meus direitos, através dos telefones:

(51) 3308-5820 (Laboratório de Pesquisa do Exercício)

(51) 3359-7640 (Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre)

Durante a realização do trabalho você poderá se recusar a prosseguir, seja em momento de testes ou treinamento. Todos os procedimentos a que será submetido serão conduzidos por profissionais, professores ou bolsistas com experiência prévia em todos os procedimentos. Não haverá médico presente em todos os treinos.

Uma via deste documento ficará com você, enquanto outra via ficará guardada com os pesquisadores.

Os procedimentos expostos acima serão devidamente explicados pelos pesquisadores responsáveis pelo estudo.

Porto Alegre _____ de _____ de 2012.

Nome em letra de forma do participante: _____

Assinatura do participante: _____

Nome em letra de forma do pesquisador: _____

Assinatura do pesquisador: _____

**APÊNDICE E – FICHA DE COLETA DE CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO E
COMPOSIÇÃO CORPORAL.**

Nome: _____

Data: ____/____/____.

Idade: _____ anos.

1. Composição Corporal

Massa Corporal: _____ Kg

Estatura: ____, ____ m.



IMC = _____ Kg/m²

Dobras Cutâneas

	1ª medida	2ª medida	3ª medida	média
Tricipital				
Axilar média				
Subescapular				
Supra-ilíaca				
Abdominal				
Peitoral				
Coxa				
Perna				

Σ DC= _____

Cálculo do %G e do %MM: _____

2. $\underline{VO_{2pico}}$ = _____ ml.kg⁻¹.min⁻¹;

3. $\underline{VO_{2LV2}}$ = _____ ml.kg⁻¹.min⁻¹.

APÊNDICE F – Teste progressivo máximo em esteira rolante

Estágio	Tempo (min)	Inclinação (%)	Velocidade (km/h)
1	3	1	3
2	2	1	4
3	2	1	5
4	2	1	6
5	2	1	7
6	2	1	8
7	2	1	9
8	2	1	10
9	2	1	11
10	2	1	12

APÊNDICE G – FIGURAS

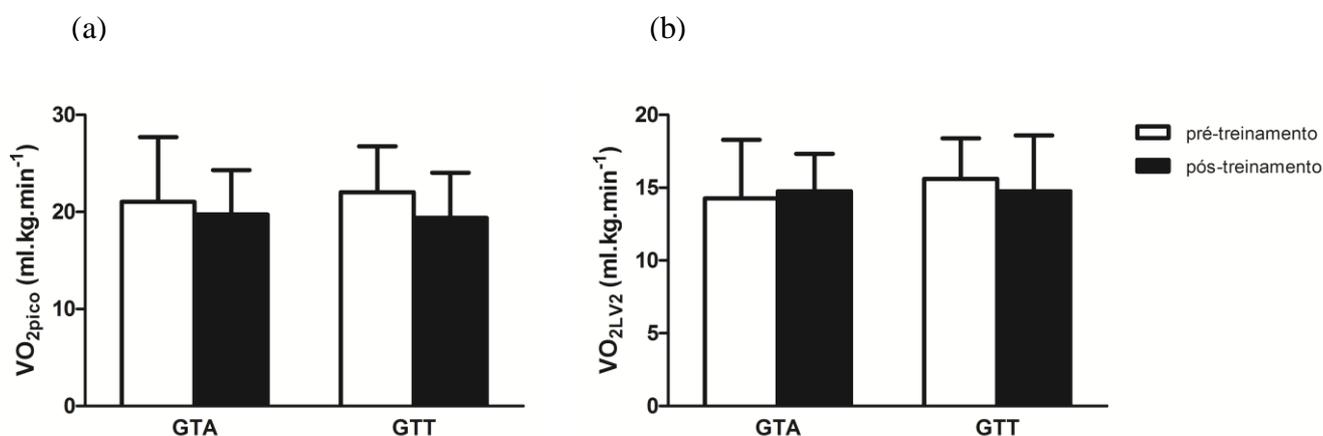


Fig. 1: Média \pm DP para as variáveis consumo de oxigênio de pico (VO_{2pico}) (a) e consumo de oxigênio no 2º limiar ventilatório (VO_{2LV2}) (b) no teste incremental máximo (GTA, $n = 11$; GTT, $n = 9$) antes e após 12 semanas de intervenção.

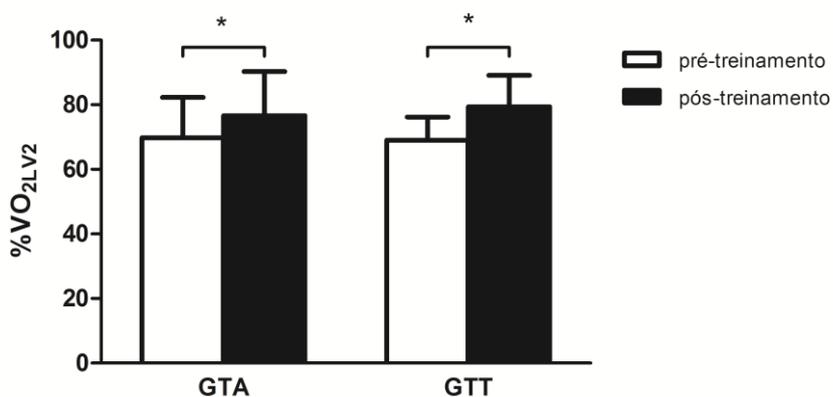


Fig. 2: Média \pm DP para a variável percentual do consumo de oxigênio de pico no 2º limiar ventilatório (%VO_{2LV2}) (GTA, $n = 11$; GTT, $n = 9$) antes e após 12 semanas de intervenção. * indica diferença significativa dos valores pré-treinamento ($p \leq 0,05$).

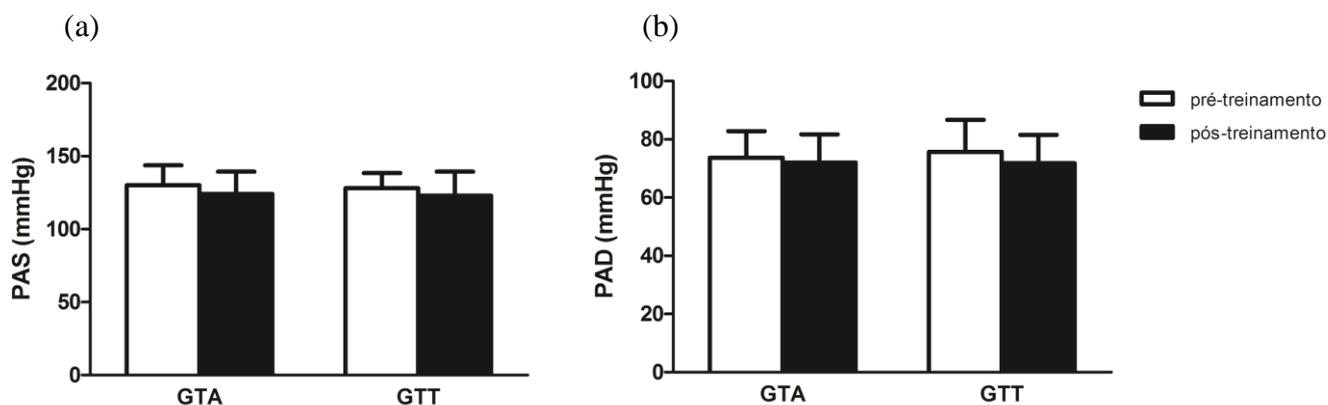


Fig. 3: Média \pm DP para as variáveis pressão arterial sistólica (PAS) (a) e pressão arterial diastólica (PAD) (b) mensuradas em repouso (GTA, $n = 11$; GTT, $n = 10$) antes e após 12 semanas de intervenção.

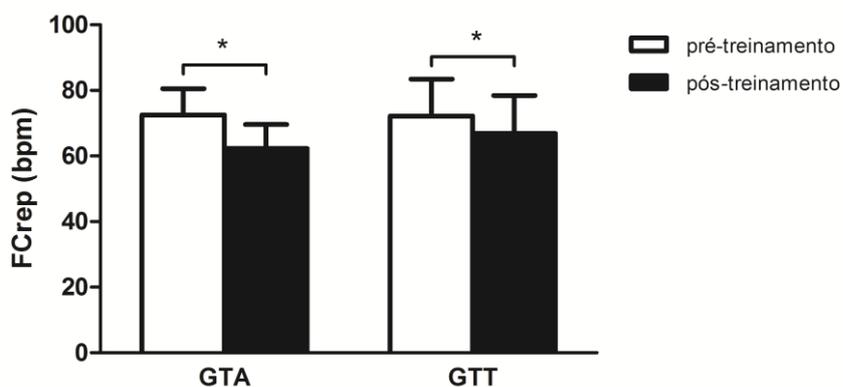


Fig. 4: Média \pm DP para frequência cardíaca de repouso (FC_{rep}); (GTA, $n = 11$; GTT, $n = 10$) antes e após 12 semanas de intervenção. * Diferença significativa dos valores pré-treino ($p \leq 0,05$).

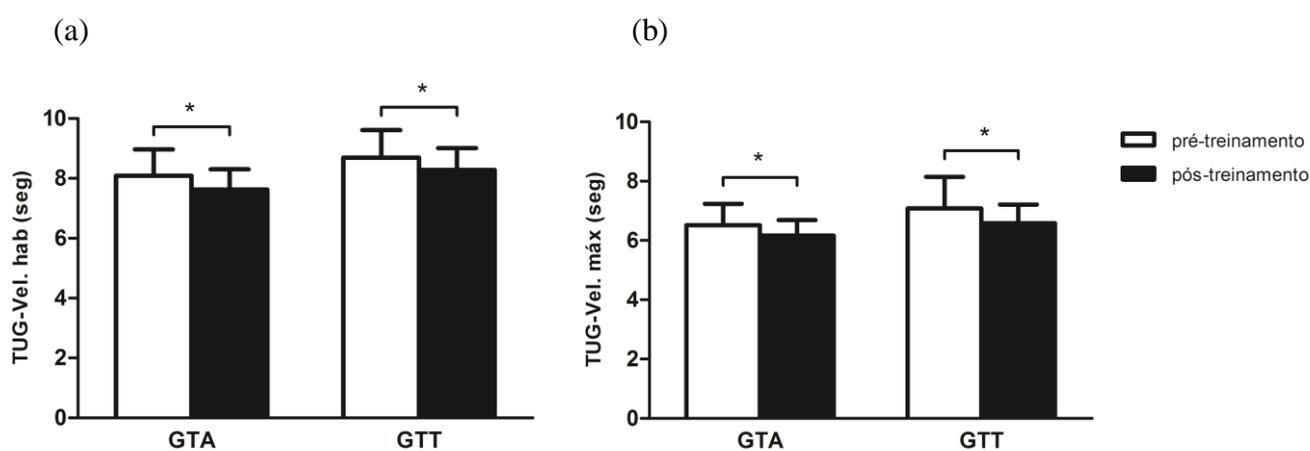


Fig. 5: Média \pm DP para capacidade funcional avaliada através da velocidade habitual (a) e máxima (b) pelo TUG; (GTA, $n = 11$; GTT, $n = 10$) antes e após 12 semanas de intervenção. * indica diferença significativa dos valores pré-treino ($p \leq 0,05$).

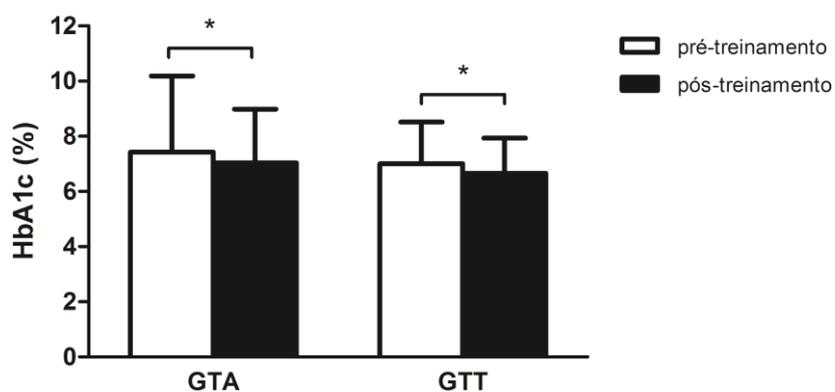


Fig. 6: Média \pm DP para HbA1c (GTA, $n = 11$; GTT, $n = 10$) antes e após 12 semanas de intervenção. * indica diferença significativa dos valores pré-treinamento ($p \leq 0,05$).

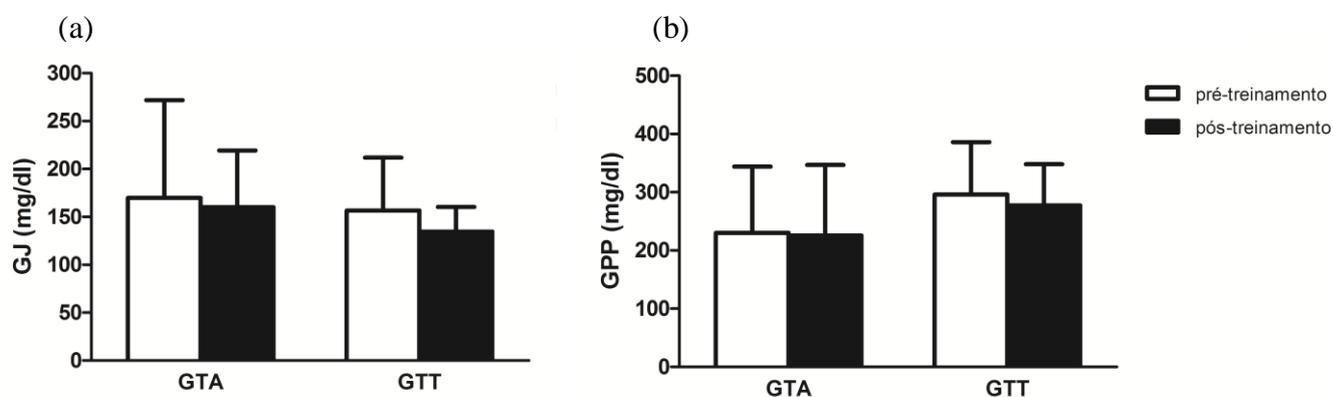


Fig. 7: Média \pm DP para glicemia de jejum (GJ) (a) e glicemia pós-prandial (GPP) (b); (GTA, $n = 11$; GTT, $n = 10$) antes e após 12 semanas de intervenção.

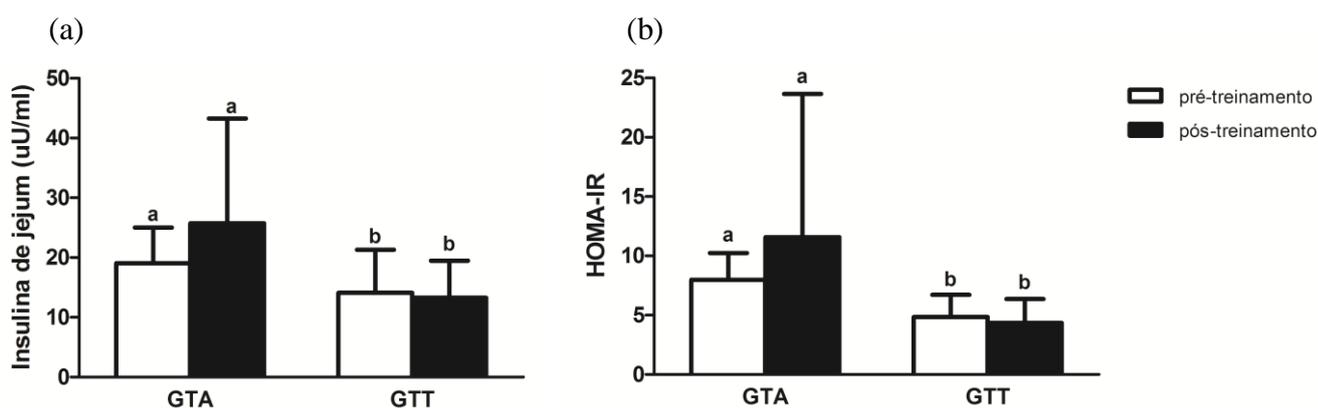


Fig. 8: Média \pm DP para insulina de jejum (IJ) (a) e resistência a insulina (HOMA-IR) (b); (GTA, $n = 11$; GTT, $n = 10$) antes e após 12 semanas de intervenção. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre os grupos ($p \leq 0,05$).

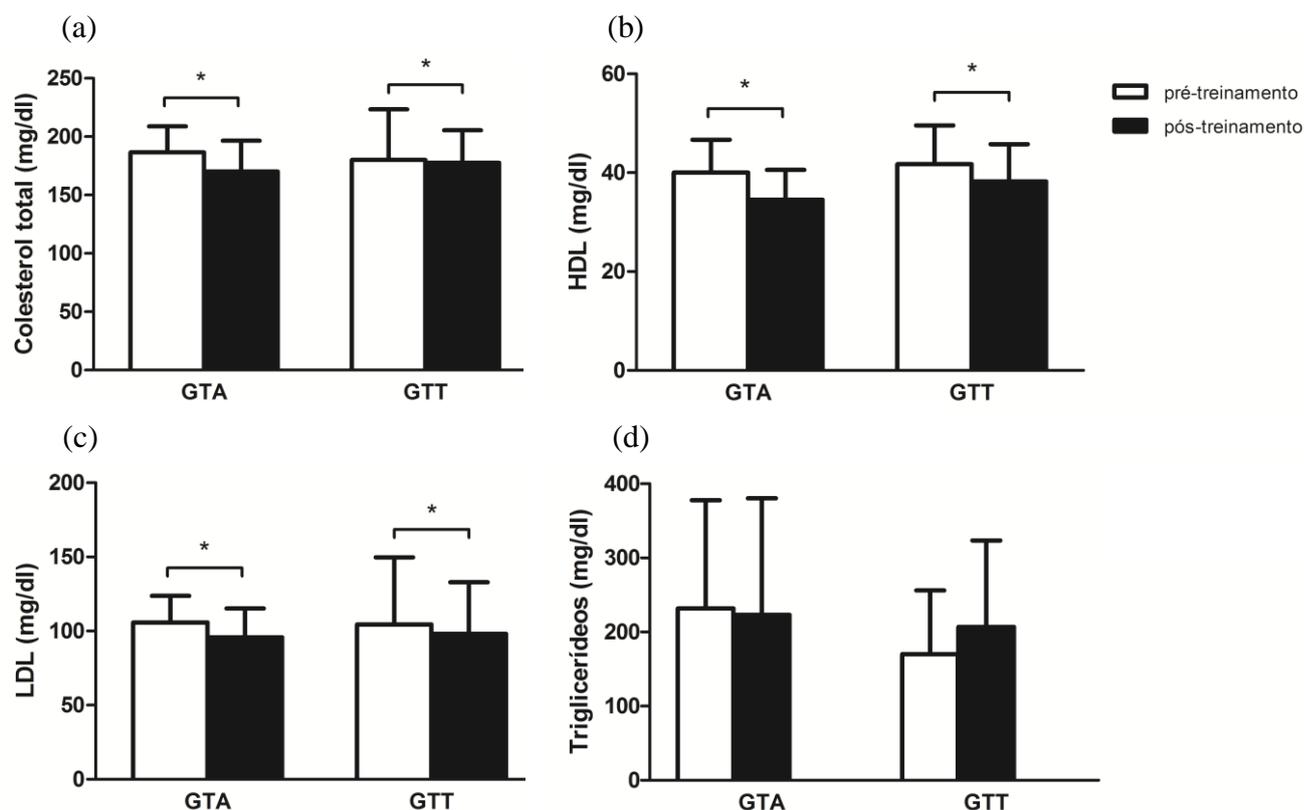


Fig. 9: Média \pm DP para colesterol total (a), HDL (b), LDL (c) e triglicerídeos (d); (GTA, $n = 11$, LDL, $n = 9$; GTT, $n = 10$) antes e após 12 semanas de intervenção. * indica diferença significativa dos valores pré-treinamento ($p \leq 0,05$).

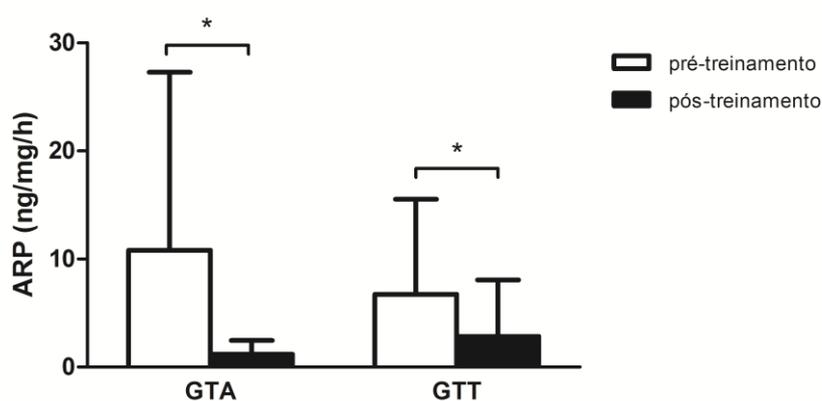


Fig. 10: Média \pm DP para atividade da renina plasmática (ARP); (GTA, $n = 11$, GTT, $n = 10$) antes e após 12 semanas de intervenção. * indica diferença significativa dos valores pré-treinamento ($p \leq 0,05$).

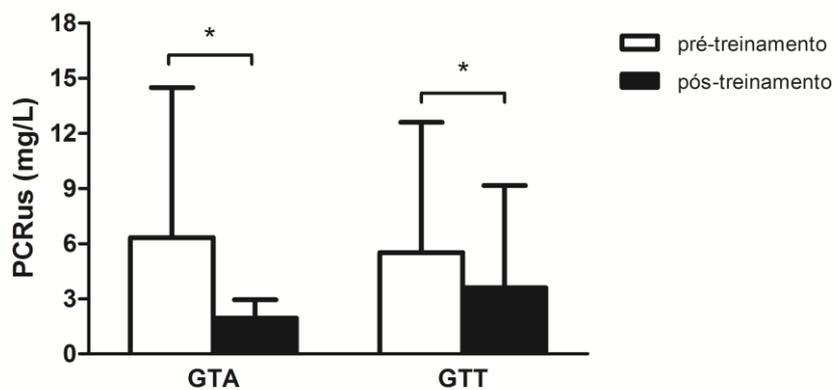


Fig. 11: Média \pm DP para proteína C-reativa ultra-sensível (PCRus); (GTA, $n = 11$, GTT, $n = 10$) antes e após 12 semanas de intervenção. * indica diferença significativa dos valores pré-treinamento ($p \leq 0,05$).

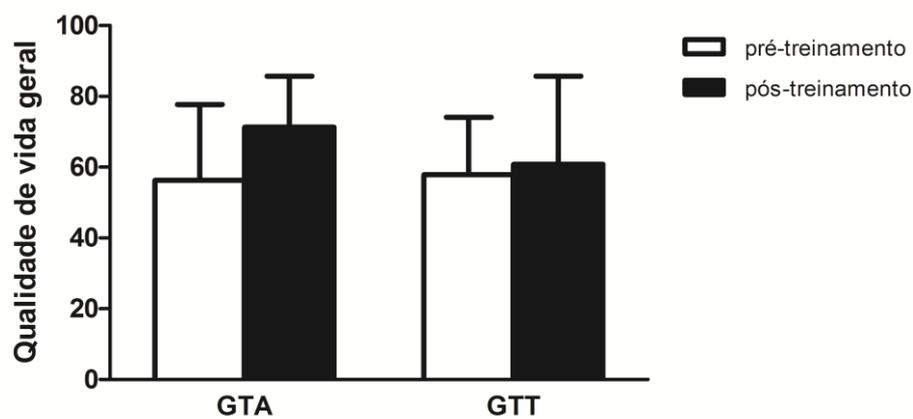


Fig. 12: Média \pm DP para qualidade de vida geral; (GTA, $n = 10$, GTT, $n = 10$) antes e após 12 semanas de intervenção.

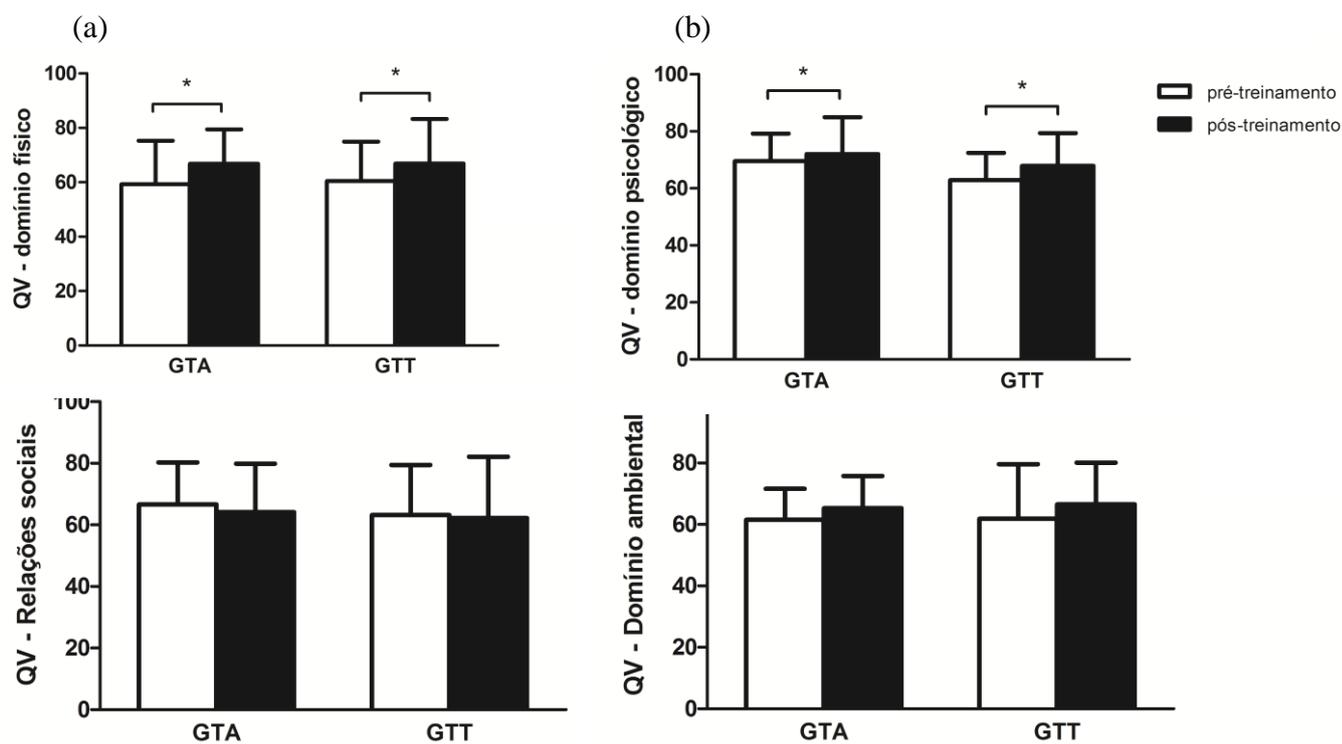


Fig. 13: Média \pm DP para qualidade de vida nos domínios físico (a), psicológico (b), relações sociais (c) e ambiental (d); (GTA, $n = 10$, GTT, $n = 10$) antes e após 12 semanas de intervenção. * indica diferença significativa dos valores pré-treinamento ($p \leq 0,05$).

ANEXOS**ANEXO 1 – Registro alimentar de três dias**

Nome: _____

Instruções:

Escreva tudo que você comer e/ou beber durante o dia todo – refeições maiores, lanches e qualquer alimento ou líquido ingerido nos intervalos.

Especifique bem as quantidades. Por exemplo: 1 copo grande de leite integral, 1 colher de sopa de arroz, 1 barra de cereal de 25g.

Escreva se o alimento era frito, assado, cozido, etc. E tudo o que você acrescentar, como: açúcar, achocolatado em pó, café em pó, margarina, etc.

DATA: ____/____/____ DIA DA SEMANA: _____

1º dia

HORÁRIO	LOCAL	ALIMENTO E QUANTIDADE

DATA: ____/____/____ DIA DA SEMANA: _____

2º dia

HORÁRIO	LOCAL	ALIMENTO E QUANTIDADE

DATA: ____/____/____ DIA DA SEMANA: _____

3º dia

HORÁRIO	LOCAL	ALIMENTO E QUANTIDADE