

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
CURSO DE BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

ANA LAURA FELIPE BRAGA

**EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO AERÓBICO NOS NÍVEIS  
GLÍCEMICOS NO DIABÉTICO TIPO 1**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2015

ANA LAURA FELIPE BRAGA

**EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO AERÓBICO NOS NÍVEIS  
GLÍCEMICOS NO DIABÉTICO TIPO 1**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Educação Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Educação Física

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Maressa Priscilla Krause, PhD.

CURITIBA

2015



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Curitiba  
Gerência de Ensino  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE  
EDUCAÇÃO FÍSICA-DAEFI



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO AERÓBICO NOS NÍVEIS GLÍCEMICOS NO DIABÉTICO TIPO 1

Por

**Ana Laura Felipe Braga**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado as **11:10hs**, do dia **09 de dezembro de 2014** como requisito parcial para obtenção do título de BACHAREL EM EDUCAÇÃO FÍSICA, do Curso de Bacharelado em Educação Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **aprovado**.

---

Prof. Dra. Maressa Priscila Krause  
Orientadora

---

Prof. Dr. Ciro Romelio Rodriguez Añez  
Membro

---

Prof. Dr. Fabiano Salgueirosa  
Membro

Às memórias de Cacilda do Santos Felipe, Lázaro Felipe, Lená Gomes Braga e Lucília Zanon Braga por todo ensinamento, amor e carinho dedicados à minha família.

À toda minha família e amigos que sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado em todos os meus momentos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus, pelo dom da vida, por nunca me abandonar mesmo em meus momentos distante, por me confortar no seu amor de Pai.

Aos meus pais Renê Carneiro Braga Jr. e Waldinéia Maria Felipe Braga pelo amor, apoio, incentivo, paciência, confiança e educação que me ofereceram em todos os anos de minha vida e a credibilidade que depositaram em mim nesta fase onde estive distante fisicamente.

À toda minha família Felipe e Braga que me apoiaram e sempre desejaram a minha felicidade. Aos meus tios Edu e Jane que me ofereceram a oportunidade e a confiança de morar em seu apartamento. À minha tia Denise e meu primo Eduardo pela companhia, carinho e auxílio nos momentos em que moramos juntos. À minha tia Sônia pela preocupação, dedicação e carinho desde sempre ajudando na minha educação e formação. Ao meu avô Renê, meus tios Marcos, Duda, Kiko, Cecília, Valéria, Lála e aos meus primos Samira, Ana Clara, Jéssica, Rodolpho, Victor, Rômulo, Roberta, Fellipe, e meus pequenos Pedro e Pietra por todo o amor e carinho que me foi dado.

Aos meus professores por todo ensinamento e dedicação, principalmente à professora Maressa Krause pela oportunidade, carinho, confiança e ensinamentos que me proporcionou, pela experiência em participar do Projeto Terceira Idade Independente me ajudando a crescer profissionalmente.

À todos os meus amigos acadêmicos que estiveram ao meu lado e compartilharam ótimos momentos, em especial ao Renan, Leandro, Vitão, Ana Carolina, Priscila, Pâmela, Mayara, Thais, Luan, Lucas, Franz, Ramona, Faena, Gabriella, Paula, Rafael e Lethícia.

Às minhas amigas Fernanda, Heloísa, Isabelle, Mariana, Natália, Alinne e Yandara pela amizade, compreensão e carinho, pois mesmo distante algumas vezes nunca mudou a essência da nossa amizade.

## RESUMO

BRAGA, Ana Laura Felipe. Efeito agudo do exercício aeróbico nos níveis glicêmicos no diabético tipo 1. 52 f. Monografia (Graduação em Bacharelado em Educação Física) – Departamento Acadêmico de Educação Física. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

O diabetes mellitus é uma doença crônica, sendo considerada uma síndrome do metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídeos. O diabetes tipo 1 (DT1) é de caráter autoimune pois o organismo ataca as células betas do pâncreas causando uma deficiência na produção de insulina. O DT1 necessita do tratamento com aplicações diárias de insulina, um controle na ingestão de alimentos, monitoração da glicemia e a prática de exercícios físicos. A prática de exercícios físicos traz benefícios ao diabético como a melhora na sensibilidade insulínica e a capilarização dos músculos. Este estudo objetiva determinar o efeito do treinamento aeróbico nos níveis glicêmicos do DT1. Foram realizadas dez sessões de treinamento aeróbico. A intensidade do treinamento foi entre ~60-80%FC<sub>res</sub>, a qual foi mensurada por um cardiofrequencímetro e também pela percepção subjetiva do esforço (a cada três minutos em todas as sessões de exercício). A glicemia foi verificada antes do exercício e após o término da sessão. A análise dos dados foi realizada através do banco de dados do Excel, comparando os valores da glicemia pré exercício, imediatamente após, uma hora após e duas horas após, calculando-se o delta percentual entre essas medidas. A avaliação antropométrica indica que o participante se encontra com níveis normais de adiposidade corporal, classificando-o em baixo risco à saúde. A avaliação cardiorrespiratória estimou um VO<sub>2máx</sub> de 40,95 ml/kg/min, classificando a aptidão em “um pouco abaixo da média” (percentil 40). Foi encontrado três tendências de efeito nos valores glicêmico pós exercício, sendo: 1) glicemia diminui imediatamente pós exercício (IPE – ~40%), e estabiliza de 1 a 2 horas pós atividade; 2) a glicemia diminui IPE (~50%), e continua a declinar após 1 e 2 horas da atividade em 10-20%; e, 3) a glicemia declina IPE (36-68%) e após 1 e 2 horas se eleva, indicando o efeito rebote. Portanto, conclui-se que o efeito agudo do treinamento aeróbico pode contribuir no tratamento do DT1 diminuindo a utilização de insulina pelo paciente e melhorando sua qualidade de vida. Contudo, os efeitos crônicos não puderam ser analisados nesta pesquisa devido a uma lesão sofrida pelo paciente em suas atividades habituais (e não durante o exercício proposto).

Palavras-chave: Diabetes tipo 1; Exercício Aeróbico; Efeito Agudo.

## ABSTRACT

BRAGA, Ana Laura Felipe. Acute effect of aerobic exercise on blood glucose levels in type 1 diabetic. 2014. 52 f. Monografia (Curso de Bacharelado em Educação Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

Diabetes mellitus is a chronic disease; it is characterized as a metabolism syndrome of the carbohydrate, protein and lipids. Type 1 Diabetes (DT1) is an autoimmune disease in which the body destroys the beta cells in the pancreas leading to an insulin production deficiency. The treatment of the DT1 patient includes diary insulin applications, a rigorous dietary control, glycemic levels monitoring and exercise practice. Exercise has several benefits to DT1 patient such as insulin sensitivity enhancement and a better muscle capillary. The purpose of this study was to determine the effect of aerobic training on glycemic levels of a DT1 patient. The training program was composed of 10 sessions. Exercise intensity was ~60-80%FC<sub>res</sub> that was measured by a heart rate monitor and by perceived exertion (every 3-min during each session). Glycemic levels were measured pre and post exercise session. Data were analyzed by excel program, by comparing glycemic levels between measurements time-points: before exercise, immediately post exercise, and 1 and 2 hours post exercise. These values were used to calculate the relative differences between measurements. The anthropometric measurements indicated participant has normal body weight with a low health risk. Cardiorespiratory test estimated a VO<sub>2max</sub> of 40,95 ml/kg/min, classifying as low fitness level (40<sup>th</sup> percentile). The results shown three tendencies related to the effect of exercise on glycemic levels post exercise: 1) glycemic reduced immediately post exercise (IPE ~40%), and it stabilized 1 and 2 hours after the session; 2) glycemic reduced IPE (~50%), and it reduced 1 and 2 hours after the session in 10-20%; and 3) glycemic reduced IPE (36-68%) and 1 and 2 hours after it occurred a elevation that indicate the rebound effect. Therefore, it is concluded that acute effect of aerobic training can contribute to DT1 treatment reducing the need of insulin utilization and improving quality of life. However, chronic effects could not be analyzed due to an injury suffered by the patient during his habitual activities (not during the exercise proposed).

**Key words:** Type 1 Diabetes; Aerobic Exercise; Acute Effect.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Propriedades Farmacocineticas das insulinas e análogos.....	21
Figura 2 - Ativação da AMPK através da contração muscular .....	24
Figura 3 - Desenho de Estudo.....	26
Figura 4 - Tendência 1 do comportamento glicêmico.....	35
Figura 5 - Tendência 2 do comportamento glicêmico.....	36
Figura 6 - Tendência 3 do comportamento glicêmico.....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados dos Exames Clínicos .....	33
Tabela 2 - Delta Percentual Redução da Glicose Tendência 1.....	35
Tabela 3 - Delta Percentual Redução da Glicose Tendência 2.....	36
Tabela 4 - Delta Percentual Redução da Glicose Tendência 3.....	37

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Custos médicos anuais para o tratamento do diabetes mellitus tipo 1.... 15

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA .....	11
1.2	OBJETIVOS .....	12
1.2.1	Objetivo Geral .....	12
1.2.2	Objetivo Específico.....	12
2	REVISÃO DA LITERATURA .....	13
2.1	DIABETES MELLITUS .....	13
2.2	DIABETES TIPO 1 .....	14
2.2.1	Fisiopatologia .....	16
2.2.2	Consequências.....	16
2.2.3	Tratamento .....	18
2.2.3.1	Tratamento – Insulina.....	19
2.2.3.2	Tratamento – Dieta Alimentar.....	22
2.2.3.3	Tratamento – Exercício .....	23
2.3	EFEITO DO EXERCÍCIO SOBRE O DT1 .....	23
3	METODOLOGIA DE PESQUISA .....	26
3.1	DESENHO DO ESTUDO .....	26
3.2	PARTICIPANTE .....	26
3.3	INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS.....	27
3.3.1	Coleta de Dados .....	27
3.3.2	Cálculo de índices.....	28
3.4	PROTOCOLO DE INTERVENÇÃO .....	31
3.5	ANÁLISE DOS DADOS.....	32
4	RESULTADOS.....	33
5	DISCUSSÃO .....	39
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	43
	REFERÊNCIAS.....	44
	APÊNDICE.....	48
	APÊNDICE A.....	49

## 1 INTRODUÇÃO

O Diabetes mellitus (DM) é uma doença crônica caracterizada como uma síndrome metabólica, causando uma disfunção no metabolismo dos carboidratos, lipídeos e proteínas, ocasionando uma resistência e/ou secreção insuficiente da insulina (GUYTON, 2006). O DM é classificado conforme a natureza do distúrbio, sendo o Diabetes Mellitus tipo 1 (DM1) de caráter auto-imune, no qual o organismo ataca as células beta situadas nas ilhotas de Langerhans no pâncreas ocorrendo uma deficiência na produção de insulina. Por sua vez, o Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) é consequência de hábitos e estilo de vida favoráveis ao aparecimento da doença, ocasionando a resistência ao hormônio regulador da glicose. Em ambos os tipos a genética é um fator que influencia muito na manifestação do DM (ACSM, 2010). O DM1 é de manifestação mais rara; a taxa de incidência no Brasil é de 7,7 para cada 100 mil na população abaixo dos 15 anos (DIABETES UK, 2012).

O DM1 é uma doença crônica que acomete principalmente crianças, adolescentes e adultos jovens, exigindo um acompanhamento médico constante e controle diário da glicemia, com efeitos na mortalidade e na morbidade dos pacientes acometidos (ADA, 2009). Complicações clínicas podem ocorrer caso esses fatores não sejam controlados, como retinopatia com riscos de perda de visão; nefropatia levando à insuficiência renal; doenças microvasculares periféricas com risco de úlceras nos pés e articulações (devido à dificuldade de cicatrização); amputações ou problemas macrovasculares, causando sintomas gastrointestinais, cardiovascular, gênito-urinário e disfunção sexual (ADA, 2013; SBE, 2006).

O controle glicêmico nos pacientes com DM1 é realizado através das aplicações de insulina que são administradas via injeções, bombas de infusão, dentre outros meios; porém, somente o tratamento farmacológico não é suficiente para manter a doença totalmente controlada. Pacientes com esta enfermidade devem manter um controle rigoroso de sua alimentação, evitando a ingestão de alimentos com altos índices glicêmicos. Atualmente o tratamento do DM1 é baseado nos seguintes fatores: utilização da insulina, monitoração e educação em diabetes, sendo que este último item incluem a dieta, a prática de exercícios físicos e orientação para a família e o paciente (SBD, 2012).

A monitoração do diabetes mellitus deve ser realizada regularmente e frequentemente, pois o paciente necessita controlar as manifestações fisiológicas referentes ao distúrbio. Portanto, é necessário o acompanhamento da glicemia, controle da alimentação relacionado aos índices glicêmicos dos alimentos ingeridos, quantidade de lipídeos, hemoglobina glicada (Hb1Ac), e o nível de atividade física (SBD, 2009). Dentre os benefícios da prática de exercícios físicos para a qualidade de vida e controle da doença, destacam-se a melhora a sensibilidade insulínica e capilarização dos músculos resultando em um controle mais efetivo do DM1. Este processo ocorre devido ao aumento da captação de glicose pelos músculos ocasionada pela ativação da AMPK, e pela contração dos mesmos ativando o GLUT-4 que irá realizar a translocação da glicose para dentro da musculatura que está sendo recrutada (SBD, 2012; MCGEE et al, 2003). Contudo, o exercício físico necessita ser orientado de acordo com a individualidade do DM1 para que reações adversas não ocorram como a alterações excessivas na glicemia. A hipoglicemia pode causar vertigens, falta de noção espacial, perda de consciência; em casos mais graves até o óbito. A hiperglicemia pode acarretar em distúrbios crônicos tanto macrovasculares quanto microvasculares como doenças cardíacas, nefropatias e retinopatias (GOLDBERG et al, 2004; YENDAMURI; FULDA TINKOFF, 2003).

Portanto, acredita-se que a elaboração de um programa de treinamento através de características individuais e que se ajuste ao nível glicêmico do paciente pode beneficiar o portador do DM1.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Qual o efeito de um programa de exercícios sobre os níveis glicêmicos do diabético tipo 1?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o efeito agudo de um programa de exercícios sobre os níveis glicêmicos do diabético tipo 1.

### 1.2.2 Objetivo Específico

- Avaliar aspectos clínicos e físicos do paciente DM1.
- Prescrever as sessões de exercícios aeróbicos.
- Monitorar a intensidade do exercício durante as sessões de treinamento.
- Determinar a glicemia antes e após as sessões de treinamento

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 DIABETES MELLITUS

O Diabetes mellitus é um distúrbio crônico que acomete o metabolismo dos carboidratos e outros substratos energéticos causada pela deficiência da produção de insulina (SHERWIN, 1997; GUYTON, 2006). O defeito na secreção de insulina ou na ação desta acarreta à hiperglicemia que é a causa dos principais agravamentos das complicações no organismo que o diabetes mellitus, especialmente renal, visual, neurológica, macro e microvasculares (ROBBINS, 2010).

A doença pode ser diagnosticada através de um exame clínico, que verifica as alterações na glicose plasmática de jejum. Segundo a Associação Americana de Diabetes (2005) e a Sociedade Brasileira de Diabetes (2012), os valores da glicemia de jejum considerados normais estão entre 70 a 99 mg/dl. Caso o indivíduo apresente valores entre 100 a 125 mg/dl, este apresentará intolerância à glicose, e se os valores forem igual ou acima de 126 mg/dl o indivíduo poderá ser diagnosticado como diabético.

A classificação da doença é realizada conforme a causa do distúrbio e não no tipo de tratamento, sendo assim deve-se eliminar o termo Diabetes insulino dependente e diabetes insulino independente. A classificação recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela Associação Americana de Diabetes (ADA) inclui quatro classes de diabetes, o diabetes mellitus tipo 1 (DM1), diabetes mellitus tipo 2 (DM2) outros tipos de diabetes e o gestacional (SBD, 2012).

O diabetes mellitus tipo 1 (DM1) caracteriza-se por uma lesão das ilhotas de Langerhans, havendo uma destruição das células beta e, ocorrendo uma ausência na produção de insulina. Este processo impede a captação e a utilização da glicose para as células do organismo, exceto pelo cérebro que não necessita da ação da insulina (GUYTON, 2006).

O diabetes mellitus tipo 2 (DM2) é o mais comum dos casos, acometendo aproximadamente 85% a 90% da população diabética; neste caso, não há uma ausência da produção de insulina, mas uma resistência a mesma (SHERWIN, 1997).

O desenvolvimento do DM2 está relacionado com o estilo de vida do indivíduo, vinculados aos hábitos alimentares, obesidade e sedentarismo (SBD, 2012).

O diabetes mellitus gestacional, é consequência da intolerância à glicose e diagnosticada durante a gravidez. Ocorre preferencialmente em mulheres que possuam histórico familiar de diabetes, glicosúria, abortos espontâneos, anomalias fetais em gravidez anterior, um bebê anterior com muito peso, grávidas obesas, idade materna avançada ou obtiveram cinco ou mais gestações (SAFAK et al., 2004).

## 2.2 DIABETES TIPO 1

O diabetes é uma doença crônica que acomete 371 milhões de pessoas no mundo (International Diabetes Federation – IDF, 2012). O índice de diabetes tipo 1 é de 0,5 casos a cada 100.000 habitantes, sendo um distúrbio predisposto em crianças, adolescentes e adultos-jovens, sendo maior em adolescente, mas existem estudos que demonstram a incidência em crianças menores de cinco anos de idade (SBD, 2012).

Segundo os dados do Banco Mundial de 2012 a população brasileira é de 198,6 milhões de habitantes, e o índice de diabetes no Brasil é de 13,4 milhões (IDF, 2012), o que seria aproximadamente 6,85% desta população. A estimativa é que o diabetes tipo 1 acometa cerca de 7,7 a cada 100 mil habitantes (DIABETES UK, 2012).

O diabético tipo 1 necessita de tratamento através da insulinoterapia e monitoração da glicemia capilar, gerando um gasto com custos elevados, por esse tratamento ser diário e ao longo de toda a vida do diabético.

O estudo de Marilia Brito Gomes et al, publicado no World Health Organization (WHO, 2013) com desenho de estudo transversal e multicêntrico realizado no período de dezembro de 2008 à dezembro de 2010 ressalta que os custos do tratamento dos diabéticos tipo 1 estão relacionados a: consultas, insulinas administradas, medicamentos, testes, internação entre outros. Este estudo avaliou 3.591 pacientes em 28 clínicas públicas em 20 cidades de quatro regiões diferentes do Brasil (norte/nordeste, centro-oeste, sudeste e sul).

	Average annual cost (US\$)	Percentage of total cost	Average annual cost per capita (US\$)
<b>Consultations</b>	<b>81 473.67</b>	<b>1.94</b>	<b>25.62</b>
<b>Tests</b>	<b>161 817.64</b>	<b>3.86</b>	<b>50.89</b>
<b>Outpatient treatment</b>	<b>3 867 915.66</b>	<b>92.20</b>	<b>1216.33</b>
Insulin	1 093 215.69	26.06	343.78
Oral drugs	87 782.17	2.09	27.60
Supplies for self-monitoring of blood glucose	2 215 749.68	52.82	696.78
Insulin pump and supplies	230 631.80	5.50	72.53
Medical procedures/haemodialysis	240 536.32	5.73	75.64
<b>Hospitalizations</b>	<b>83 685.41</b>	<b>2.00</b>	<b>26.32</b>
<b>Total direct medical costs</b>	<b>4 194 892.39</b>	<b>100.00</b>	<b>1319.15</b>

Quadro 1 - Custos médicos anuais para o tratamento do diabetes mellitus tipo 1 no Brasil 2008 – 2010

\* US\$ 1.00 = 1.9315 reais

Fonte: © WHO (2013)

Neste estudo os gastos no tratamento do DM1 podem ser verificados no quadro, o qual destaca que os custos médicos per capita foram de US\$ 1319,15 (aproximadamente R\$ 2547,93). As despesas são relacionadas com o tratamento por pacientes US\$ 1216,33 (R\$ 2349,34), administração de insulina US\$ 696,78 (R\$ 1345,83) por paciente por ano. 38 pacientes utilizaram bombas de infusão para o tratamento, ocasionando um custo médio anual por paciente de US\$ 6069,26 (R\$ 11722,77). Os custos com procedimentos médicos e hemodiálise são de US\$ 75,64 (R\$ 146,09) por paciente por ano; enquanto que as consultas médicas tiveram custos de US\$ 25,62 (R\$ 49,48) por paciente por ano.

### 2.2.1 Fisiopatologia

O pâncreas além de possuir funções digestivas realiza a secreção de hormônios como a insulina e o glucagon, que são essenciais no auxílio da regulação do metabolismo dos carboidratos, proteínas e lipídios. Existem dois tipos principais de tecido que formam o pâncreas, os ácinos que eliminam o suco digestivo no duodeno, e as ilhotas de Langerhans, que são responsáveis por secretar a insulina e o glucagon diretamente no sangue. As ilhotas de Langerhans possuem três tipos celulares, as células alfa, beta e delta. As células alfa que são compostas por apenas 25% nas ilhotas secretam o glucagon, enquanto as células beta constituem 60% e são responsáveis na secreção da insulina e amilina (GUYTON, 2006; SAFAK et al., 2004).

A insulina é responsável pela captação de glicose e regulação da entrada deste para os tecidos; quando o indivíduo está em jejum os níveis de insulina são baixos e o glucagon se encontra com níveis altos facilitando o processo de gliconeogênese hepática e também da glicogenólise (quebra do glicogênio) para evitar uma futura hipoglicemia. No período pós-prandial os níveis de glucagon diminuem e os de insulina aumentam consideravelmente em resposta à quantidade de glicose relacionada ao carboidrato ingerido na refeição (ROBBINS, 2010).

A glicose sanguínea só pode ser transportada para dentro da célula com o auxílio do transportador da glicose – por serem impermeáveis a glicose só consegue entrar na célula com este auxílio. O GLUT-2 é responsável por levar a glicose até as células beta no pâncreas, e as células hepáticas, enquanto que o GLUT-1 é responsável por transportar a glicose para o sistema nervoso (SAFAK et. al., 2004).

### 2.2.2 Consequências

O diabético tipo 1 deve ter um rígido controle alimentar e conhecimento sobre as dosagens de insulina diária necessária para que não apresente futuras complicações da doença. Quando o diabético apresenta oscilações extremas em sua glicemia pode ocorrer o quadro de hipoglicemia em caso do nível glicêmico estar muito baixo, ou de hiperglicemia em casos da glicemia alta (SBD, 2009).

A hipoglicemia é o evento em que o diabético está com a concentração de glicose sanguínea baixa (menor que 60 mg/dl) e necessita ingerir algum tipo de

carboidrato para que seu nível glicêmico se eleve, e o organismo retorne ao estado considerado normal (SBD, 2012). Na hipoglicemia o sistema nervoso é acionado e o diabético apresenta alguns sintomas como sudorese, aceleração da frequência cardíaca, tontura, perda da consciência e pode levar ao óbito (SILVEIRA, et al., 2001).

No quadro de hiperglicemia o diabético pode apresentar sintomas como a polidipsia, poliúria, emagrecimento, polifagia, hálito cetônico, entre outras complicações. A poliúria pode ocasionar o comprometimento da função renal pois o aumento da glicose sanguínea facilita a passagem de glicose pelos túbulos renais e o excesso de glicose é excretado pela urina. Além da glicose, com o mau funcionamento dos rins, e a incapacidade de filtração e absorção, proteínas essenciais também são excretadas, principalmente a albumina. A nefropatia aliado com a presença de hipertensão arterial pode acarretar a insuficiência renal com necessidade de tratamento com diálise (GUYTON, 2006; SHERWIN, 1997).

Quando o diabético não controla a glicemia, as alterações extremas podem trazer sérias consequências micro e macrovasculares, como a retinopatia de fundo ocorrendo lesões na retina ocular causando dilatações capilares que se agrupam próximo da mácula, responsável pelo centro do campo visual e acuidade, causando alguns pontos hemorrágicos e um possível edema macular. A retinopatia proliferativa há crescimento de novos vasos dentro do vítreo ocorrendo sangramento dentro deste. A retinopatia proliferativa pode causar o descolamento da retina acarretando perda de visão ao indivíduo (DAGOGO-JACK, 2010).

A neuropatia caracteriza-se por uma lesão no sistema nervoso, particularmente uma degeneração nos axônios, ocorrendo uma desmielinização causada pelo elevado nível de açúcar no sangue, que danificará as sinapses e conseqüentemente haverá uma dificuldade nas respostas motoras e sensoriais (SBEM, 2005). Os pacientes geralmente relatam dormência nas extremidades do corpo, principalmente nos pés. A lesão afeta particularmente mais as fibras sensoriais do que a parte motora, nos casos iniciais do quadro pode ser detectada por complicações como úlceras nos pés. Ainda em outra categoria de neuropatia diabética existem as mononeuropatias que consistem em lesões que acabam afetando os nervos cranianos ou periféricos. A neuropatia autônoma pode trazer ao paciente problemas relacionados ao coração como isquemia miocárdica ou infartos (SHERWIN, 1997).

O paciente com alto risco necessita ter cuidado extremo com os pés devido a neuropatia, por perderem a capacidade sensorial principalmente das partes distais. É necessário preocupar-se com sapatos e meias utilizadas, que podem prejudicar e causar ferimentos ou calos, pois com a dificuldade de cicatrização causada pela hiperglicemia pode causar úlceras, gangrena e até mesmo amputações (SHERWIN, 1997).

A cetoacidose diabética (CAD) é uma das principais causas de morte dos diabéticos associadas a uma outra doença, como infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral (AVC), ou outras complicações como edema cerebral. A CAD é mais comum em diabéticos tipo 1, é causada muitas vezes por redução nas dosagens de insulina, ou até mesmo omissões acarretando a utilização de ácidos graxos; o aumento da mobilização destes ocasiona a produção das cetonas pelo fígado. Na CAD o nível de insulina é baixo e extremamente alto o de glucagon entre outros hormônios que são liberados pelo estresse físico e emocional (SAFAK et. al., 2004).

A hiperglicemia, cetose e a acidose metabólica são os principais distúrbios metabólicos na CAD, o diagnóstico para a CAD baseia-se na glicemia superior a 200 mg/dl, o indivíduo apresentar acidemia com pH baixo ( $< 7,3$ ) e baixo bicarbonato  $< 15\text{mEq/l}$  documentar cetonemia positiva e cetonúria (ADA, 2013; SBD, 2012).

O diabético na CAD apresenta sintomas como desidratação, poliúria, polidipsia, náusea, vômitos, pode relatar dores abdominais e um hálito cetônico. Pode ocorrer hipotensão e taquicardia como consequência da baixa volemia, como compensação do baixo pH, e aumento da frequência respiratória (SAFAK et. al., 2004).

### 2.2.3 Tratamento

O diabético tipo 1 necessita diariamente controlar os níveis glicêmicos para que não haja alterações severas evitando futuras complicações. O tratamento do paciente baseia-se em insulinoterapia, auto monitoração frequente da glicemia (capilar, hemoglobina glicada, frutossamina, perfil metabólico), controle da alimentação e atividade física (SBD, 2012).

O exame de hemoglobina glicada (HbA1c) auxilia no controle glicêmico a longo prazo do paciente. Este exame é realizado em laboratório e consiste em

verificar a reação entre a hemoglobina e alguns açúcares, esta depende da concentração de glicose na hemoglobina, do tempo de meia vida do eritrócitos (GROSS et. al., 2002). A HbA1c é um indicador da média dos níveis glicêmicos nos últimos três meses. Os valores de referência normal são entre 4% a 6%, sendo que valores acima de 7% apresentariam complicações crônicas ao diabético. Algumas sociedades médicas como o caso da Sociedade Brasileira de Diabetes, utilizam como meta valores até 6,5% da HbA1c como um bom controle do nível glicêmico (SBD, 2011).

A frutossamina estima o valor médio da glicemia a curto prazo, pois é a ligação da glicose e a lisina presente em algumas proteínas, sendo a albumina a maior concentração dessas proteínas, e apresenta uma meia-vida entre duas a três semanas. O valor da frutossamina pode ser alterado por doenças agudas e hepáticas que modificam as funções das proteínas utilizadas para o exame (GROSS et al, 2002; NETTO et al, 2009).

#### 2.2.3.1 Tratamento – Insulina

A insulina é secretada pelas células beta nas ilhotas de Langerhans situadas no pâncreas em resposta ao aumento de glicose após uma refeição. Sendo uma pequena proteína com peso molecular de 5.808, formada 51 aminoácidos dispostos em duas cadeias A (21 aminoácidos) e B (30 aminoácidos), unidas por ponte dissulfeto (GUYTON, 2006; FIGUEIREDO, 2010).

Quando se ingere alimentos ricos em carboidratos, conseqüentemente há uma elevação na concentração de glicose, com esse aumento a insulina é secretada para que os carboidratos sejam utilizados, e o excesso de glicose na corrente sanguínea é armazenado sob forma de glicogênio hepático e muscular. Quando o nível de glicose no sangue está baixo não há produção de insulina e os lipídeos serão utilizados como fonte de energia, exceto no cérebro onde a principal fonte de energia é a glicose (GUYTON, 2006).

O diabético tipo 1 apresenta deficiência na produção de insulina, sendo necessário aplicações diárias de insulina para controlar o nível glicêmico. A insulina pode ser aplicada via injeções (auto aplicações), ou pelo sistema de infusão contínua de insulina (SICI), conhecido também como bomba de infusão (SBD, 2012; ADA 2013).

A administração de insulina via injeções deve estar relacionada com os tipos de insulina, a alimentação, horário de trabalho/faculdade/escolar, atividades físicas e devem ser prescritas corretamente por um profissional da saúde, preferencialmente um médico ou endocrinologista. Este profissional deve estar ciente de todos os exames clínicos do paciente para então orientar as doses de insulina necessária, podendo apresentar variações conforme as alterações glicêmicas (SBD, 2012; ZANETTI, 2001).

A insulina utilizada por diabéticos tipo 1 inicialmente foi extraída do pâncreas de bovinos e suínos, que é muito semelhante a insulina humana, diferenciando somente nos três últimos aminoácidos da insulina bovina e no último na suína. Porém, esse tipo de insulina, por não ser totalmente pura, poderia provocar reações alérgicas e não ser eficaz no tratamento de alguns pacientes. Atualmente, com o avanço da biotecnologia se produz a insulina humana através da recombinação genética utilizando bactéria (*Escherichia coli*) ou de células de outros tecidos (SOUZA; ZANETTI 2000).

A insulino terapia no início era utilizada para corrigir os efeitos agudos da glicemia do diabético, mas não eram de tanta eficiência no tratamento crônico, pois o efeito da insulina era de curta duração. Por este motivo, os diabéticos aplicavam várias insulinas ao longo do dia para poder ter um melhor controle (SOUZA; ZANETTI 2000).

Segundo a American Diabetes Association (1998 apud SOUZA; ZANETTI, 2000, p. 265) as insulinas diferem na sua ação de início, pico e duração, isso depende da sua espécie (animal, humana), do tipo de insulina, local onde foi aplicado e como o organismo do indivíduo vai responder a insulina.

Na classe da insulina humana, há a insulina regular, que é utilizada para corrigir glicemia elevada, ou 30 minutos antes de uma refeição para que o pico da insulina não coincida com a absorção do alimento ingerido (SBD, 2012).

A insulina intermediária (NPH) contém um adicional de protamina à insulina que auxilia a retardar a absorção da insulina após a aplicação (SBD, 2012).

Nos análogos da insulina são realizadas modificações na estrutura molecular da insulina humana, mas sem alterar as propriedades do receptor, essa modificação auxilia na absorção e na ação da insulina para o indivíduo (SBD,2012).

<b>Propriedades farmacocinéticas das insulinas e análogos</b>			
<b>Insulina</b>	<b>Início de ação</b>	<b>Pico de ação</b>	<b>Duração do efeito terapêutico</b>
<b>Longa duração</b>			
glargina (Lantus®)	2-4 hs	Não apresenta	20-24 hs
detemir (Levemir®)	1-3 hs	6-8 hs	18-22 hs
<b>Ação intermediária</b>			
NPH	2-4 hs	4-10 hs	10-18hs
<b>Ação rápida</b>			
Regular	0,5-1 h	2-3 hs	5-8 hs
<b>Ação ultrarrápida</b>			
asparte (Novorapid®)	5-15 min	0,5-2 hs	3-5 hs
lispro (Humalog®)	5-15 min	0,5-2 hs	3-5 hs
glulisina (Apidra®)	5-15 min	0,5-2 hs	3-5 hs
<b>Pré-misturas</b>			
70% NPH/30% regular	0,5-1 h	3-12 hs (duplo)	10-16 hs
50% NPH/50% regular	0,5-1 h	2-12 hs (duplo)	10-16 hs
75% NPL/25% lispro	5-15 min	1-4 hs (duplo)	10-16 hs
50% NPL/50% lispro	5-15 min	1-4 hs (duplo)	10-16 hs
70% NPA/30% asparte	5-15 min	1-4 hs (duplo)	10-16 hs
NPH = protamina neutra hagedorn; NPL = protamina neutra lispro; NPA = protamina neutra asparte			

Figura 1 - Propriedades Farmacocinéticas das insulinas e análogos.  
Fonte SBD, 2012.

A insulinoaterapia tem o objetivo de auxiliar no controle glicêmico diário do paciente, evitando quadros hipoglicêmicos e futuras complicações. As administrações e tipos de insulina variam de acordo com o controle glicêmico do paciente, resposta do organismo as aplicações de insulina, alimentação e atividade física (ADA, 2009; SBD 2012). Por isso a American Diabetes Association (1998, apud SOUZA; ZANETTI, 2000, p. 266) recomendou mudanças no tratamento do paciente que devem ser supervisionadas por uma equipe multidisciplinar e orientar ao diabético os tipos e doses de insulina que deverão ser substituídas de acordo com as necessidades glicêmicas.

### 2.2.3.2 Tratamento – Dieta Alimentar

O diabético tipo 1 necessita ter um rígido controle da alimentação para consequentemente obter um controle metabólico eficaz, pois sendo uma disfunção no metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídeos, a educação nutricional auxiliará no tratamento do paciente. Além disso, é necessário correlacionar com as doses e tipos de insulina necessárias para que não haja episódios de hipoglicemia (LOTTENBERG et al, 2008).

O pico da glicemia no indivíduo é dependente da quantidade de ingestão de carboidratos, o tipo do carboidrato consumido e o horário da refeição (GROSS; FERREIRA; OLIVEIRA, 2003). O índice glicêmico dos alimentos refere-se a variação da glicose em resposta aos tipos de carboidratos ingeridos comparado a uma quantidade padrão de glicose. O cálculo é realizado através da curva de elevação da glicose após um período de duas horas da ingestão de uma quantidade de alimentos contendo 50 g de carboidrato dividido pela área da curva de resposta glicêmica da mesma quantidade de carboidrato de um alimento padrão, como o pão branco ou a glicose. A área da curva do índice glicêmico reflete na velocidade da digestão e absorção do alimento ingerido (DIAS et al, 2010; LOTTENBERG, 2008).

Para um melhor controle alimentar, é recomendado para pacientes diabéticos a elaboração da contagem de carboidratos que consiste no ajuste da administração da insulina necessária para metabolizar a quantidade de carboidratos ingeridos em uma refeição e perceber o efeito destes sobre a glicemia. A mensuração do alimento desejado poderá ser realizada através de uma balança, ou até mesmo medidas caseiras, como xícaras, colheres, entre outros, também pode ser calculado as quantidades de carboidratos através das tabelas de composição dos alimentos (HISSA; ALBUQUERQUE; HISSA, 2004; LOTTENBERG, 2008).

No estudo de DIAS et al., (2010) foi realizado uma dieta alimentar com alimentos de baixo índice glicêmico no período de seis meses, e neste constatou uma melhora na hemoglobina glicada. Os pacientes utilizaram por recomendações médicas administração de doses de insulina humana NPH (duas ao dia) e insulina regular antes das refeições, de acordo com a contagem de carboidratos.

### 2.2.3.3 Tratamento – Exercício

O exercício físico faz parte do controle metabólico do diabético, podendo demonstrar melhoras na glicemia, reduzir o risco de problemas cardiovasculares, melhorar o bem estar, a sensibilidade insulínica e a capilarização dos músculos (ADA, 2013; SBD, 2012).

O diabético por se enquadrar em uma população especial necessita de cuidado e acompanhamento para realizar o exercício físico. Antes de iniciar um programa de exercícios recomenda-se realizar exames clínicos para avaliar o perfil metabólico do paciente. O exercício físico auxiliará no controle da doença, mas para isso o paciente deverá realizar ajustes quanto a alimentação e doses de insulina para que não ocorram complicações (ACSM, 2010; SBD, 2012).

O paciente precisa estar consciente do efeito do exercício em sua glicemia, pois administrações inadequadas de insulina, e uma alimentação incorreta, pode leva-lo ao quadro de hipo e/ou hiperglicemia, cetose, isquemia miocárdica, ou o agravamento das complicações (FOX; FOSS; KETEYIAN, 2000).

Para minimizar os riscos é necessário verificar a glicemia antes e após os exercícios realizados, diminuir a dose de insulina conforme a prescrição médica ou aumentar a ingestão de carboidratos antes da sessão de exercício. Caso o diabético necessite injetar insulina, a aplicação deverá ser feita em um local onde não esteja ativo durante o exercício. Deve-se evitar realizar o treinamento durante momentos de pico da atividade da insulina, conhecer os sinais e sintomas do quadro de hipo e hiperglicemia, e exercitar-se sempre acompanhado e supervisionado (ACSM, 2010).

## 2.3 EFEITO DO EXERCÍCIO SOBRE O DT1

O exercício físico aumenta a captação de glicose para dentro do músculo devido ao aumento da atividade da AMPK em resposta a contração muscular e a necessidade de gerar ATP, ocasionando a translocação do GLUT-4 por vias de sinalizações diferentes e independentes ao transporte por vias insulínicas (MCGEE et al, 2003).

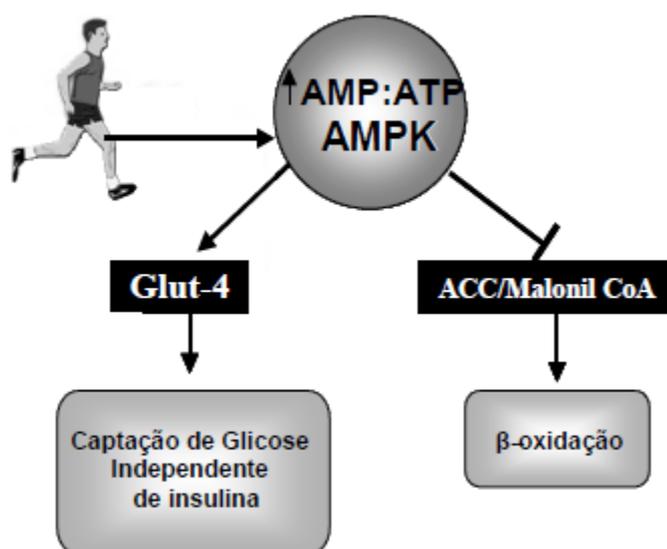


Figura 2 - Ativação da AMPK através da contração muscular  
 Fonte: (ROPELLE; PAULI; CARVALHEIRA, 2005)

Contraditoriamente SAFAK et al. (2004) em seus estudos afirmaram que o GLUT-4 é totalmente dependente da insulina para desempenhar sua ação, porém em outros estudos foi demonstrado que o GLUT-4 pode desempenhar sua função mesmo na ausência de insulina, durante a contração muscular. Não sabe-se realmente como o processo decorre, IRIGOYEN et al. (2003) demonstraram em seus estudos que a translocação de GLUT-4 pelo exercício é diferente do que a que ocorre com a presença de insulina, pois não ocorre a autofosforilação dos receptores, e nem a PI-3 quinase é ativada. Acredita-se que a liberação de cálcio pelo retículo sarcoplasmático participa do processo de translocação da GLUT-4 ativando as vias sinalizadoras.

A Sociedade Brasileira de Diabetes (2009) relata que o tipo de exercício, a intensidade, duração, interfere na resposta da glicemia, assim como o tipo de insulina, local e horário da aplicação, e o controle da alimentação também influenciam.

MOSHER et al. (1998) em seus estudos demonstraram efeito crônico significativo da hemoglobina glicada em dez pacientes diabéticos tipo 1 que realizaram 12 semanas de exercício aeróbico combinado com exercícios de resistência.

ARRANTES; SANTOS; NAVARRO; (2009) realizaram um estudo de caso em uma paciente com diabetes tipo 1 para verificar a influência de um programa de exercício combinado (aeróbico e de força) na glicemia. O programa teve duração de

três semanas (15 sessões), com exercícios realizados cinco vezes na semana, sendo um treinamento de força com 3 séries de 10 repetições e 45 segundos de intervalo, e mais 30 minutos de esteira com 75% da  $FC_{máx}$ . A análise dos resultados foi realizada com a comparação da glicemia pré e pós exercício. O estudo demonstrou uma redução de 59,7% da glicemia e da aplicação de insulinas exógenas em 73%, porém não apresentou melhora significativa de maneira crônica na hemoglobina glicada.

O exercício físico tem efeito sobre a sensibilidade à insulina no paciente diabético num período de 24 a 48 horas após o término da sessão realizada, retornando a condições de pré atividade após esse período. Este fato demonstra que o efeito do exercício sobre a sensibilidade à insulina ocorre de maneira aguda, e que a prática de exercício físico frequentemente poderá auxiliar o controle glicêmico (CIOLAC; GUIMARÃES, 2004).

### 3 METODOLOGIA DE PESQUISA

#### 3.1 DESENHO DO ESTUDO

A pesquisa caracteriza-se como estudo de caso (THOMAS; NELSON, 2002), tendo como variável independente o tratamento com treinamento aeróbio; variável dependente os níveis glicêmicos após o exercício; variável de controle será o nível glicêmico antes da sessão de exercício e a frequência cardíaca.

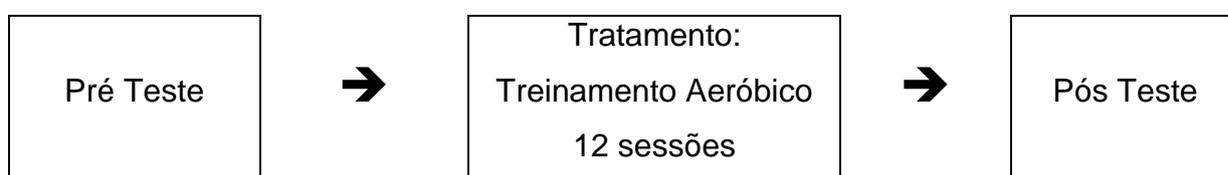


Figura 3 - Desenho de Estudo

#### 3.2 PARTICIPANTE

Foi selecionado um participante pela Dra. Jeanne Debortoli (CRM 21857 - PR) que explicou e convidou o paciente diabético tipo 1 a participar voluntariamente desta pesquisa. Foi necessário que o paciente atendesse os seguintes critérios de inclusão: diagnóstico de diabetes tipo 1 há pelo menos cinco anos; liberação médica para a prática dos exercícios aeróbios, sendo adulto jovem (idade entre 18 – 30 anos), sexo masculino, experiência na auto monitoração glicêmica com glicosímetro (mínimo de 1 ano), proprietário de seu próprio glicosímetro e que disponibilizasse três horas semanais para a realização dos exercícios em dias alternados. O participante seria excluído caso ocorressem efeitos clínicos negativos atestados pela endocrinologista responsável (como alterações no perfil metabólico), ou desejasse retirar-se da pesquisa por motivos pessoais.

O protocolo de pesquisa do presente estudo delinea-se em conformidade com a Resolução número 196, data de 10 de outubro de 1996, sob o título de “Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos”,

elaborada pelo Conselho Nacional de Saúde, Ministério da Saúde (CNS, 1996). Sendo assim, o presente protocolo norteia-se através dos quatro referenciais básicos da bioética, mais especificamente, a autonomia, a beneficência, a não-maleficência e a justiça.

### 3.3 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

A médica responsável realizou a anamnese inicial e solicitou os exames clínicos para verificação do perfil do potencial do participante. Após a liberação do participante, a médica forneceu o histórico clínico e os exames iniciais para a coordenadora desta pesquisa, e então, foi agendada e realizada a avaliação física inicial. As avaliações foram realizadas no período da manhã, e o participante foi instruído a não realizar atividade física vigorosa no dia anterior as mesmas. As avaliações foram realizadas no Laboratório de Fisiologia da Atividade Física e Saúde, Departamento Acadêmico de Educação Física (DAEFI) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. A UTFPR possui um setor médico, o qual esteve ciente dos procedimentos realizados e, se necessário, prestaria o atendimento emergencial ao participante, assim como o DAEFI disponibilizou os equipamentos de primeiros socorros. O DAEFI possui convênio médico com a empresa *SANTE* que seria acionada caso necessário.

Antes de iniciar a avaliação inicial, o participante foi instruído sobre os procedimentos deste estudo e foi esclarecido qualquer dúvida existente. Subsequentemente, foi solicitado ao participante que assinasse voluntariamente o termo de consentimento.

#### 3.3.1 Coleta de Dados

As Características Sócio Demográficas foram obtidas no pré-teste, incluindo informações como data de nascimento (idade) e nível de escolaridade.

O Histórico Médico foi fornecido pela médica responsável, incluindo o tempo do diagnóstico da doença, e se a mesma estava controlada/estável (valores anteriores de glicemia, hemoglobina glicada e frutossamina).

Os Dados antropométricos (LOHMAN et al., 1988) foram coletados no pré-teste os seguintes dados:

- Estatura corporal (centímetros, cm): O avaliado permaneceu descalço, usando roupas leves, colocado na posição ortostática com os pés unidos, procurando colocar em contato as superfícies posteriores do calcanhar, cintura pélvica, cintura escapular, e região occipital, com o instrumento de medida – estadiômetro da balança profissional mecânica Welmy, (precisão de 0,1cm). A medida foi realizada com o indivíduo em apneia inspiratória e com a cabeça orientada no plano de Frankfurt, paralela ao solo, isto é, o cursor permanecia em ângulo de 90° em relação à escala.
- Massa corporal (quilogramas, kg): O avaliado permaneceu descalço e usando roupas leves. O peso corporal igualmente distribuído entre os pés, durante a permanência na plataforma da balança profissional mecânica Welmy (precisão de 0,1kg).
- Circunferências de Cintura e de Quadril (centímetros, cm): Mensurada com uma fita antropométrica, inelástica (precisão de 0,1cm) modelo Gulick, no perímetro da cintura (menor circunferência entre o gradeado costal e a crista ilíaca) e quadril (maior circunferência na região glútea).

### 3.3.2 Cálculo de índices

O índice de massa corporal (HEYWARD; STOLARCZYK, 1996) foi calculado com os valores obtidos da massa corporal em quilogramas e a estatura corporal total em metros. Os resultados determinaram a relação da massa corporal para a estatura.

$$\text{IMC} = \frac{\text{Massa}}{(\text{estatura})^2} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

A relação cintura/quadril (HEYWARD; STOLARCZYK, 1996) foi calculada pela divisão do valor da circunferência da cintura (em centímetros) pelo valor da circunferência de quadril (em centímetros).

$$RCQ = \frac{\text{Circunferência de Cintura}}{\text{Circunferência de Quadril}}$$

O consumo máximo de oxigênio ( $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) foi estimado durante um teste incremental em esteira profissional (marca CEFISE, modelo TK 30) com o protocolo de Bruce (1973). A frequência cardíaca (FC) foi monitorada constantemente durante todo o teste.

Primeiramente, um avaliador ajustou uma fita elástica com eletrodos no tórax do avaliado e um relógio receptor foi fixado próximo a esteira para a mensuração da frequência cardíaca. O teste só foi finalizado no ponto de exaustão volitiva do participante. Durante todo o teste o investigador encorajou verbalmente o avaliado para realizar o exercício pelo maior tempo possível, até atingir o esforço máximo. Ao finalizar o teste, um procedimento padrão de volta à calma foi conduzido, sem inclinação até que as respostas fisiológicas retornassem aos valores próximos aos valores de repouso e estivessem estáveis. Além disso, o participante apenas foi liberado pelo avaliador e médico responsável após ter se estabilizado as respostas fisiológicas em repouso (sentado).

O participante teve que reportar/atingir no mínimo dois dos seguintes critérios para considerar que o esforço máximo foi realizado:

- Fadiga;
- Percepção subjetiva do esforço maior ou igual a 8;
- FC superior a 80% FC máxima predita pela idade, de acordo com a fórmula (ACSM 2010):

$$FC_{\text{máx}} = 220 - \text{idade}$$

A interrupção do teste incremental máximo pelo avaliador responsável seria realizada se o avaliado apresentasse qualquer um dos seguintes sintomas (o mesmo não ocorreu):

- Início de angina ou de sintomas anginosos;
- Suspeita da presença de arritmias cardíacas;

- Ausência de um aumento na FC com uma maior intensidade do exercício físico;
- Sinais de perfusão precária, incluindo palidez, cianose, pele fria e úmida;
- Sinais de problemas pertinentes ao sistema nervoso central, incluindo tontura, náuseas e confusão;
- Manifestações físicas de extrema fadiga;
- Solicitação individual de finalização do teste (ACSM 2010).

A frequência cardíaca (FC) foi mensurada continuamente durante a realização do teste incremental máximo, através da utilização de um cardiofrequencímetro. Esse equipamento é frequentemente recomendado para o monitoramento da intensidade do exercício físico; sendo constituído basicamente por um sistema portátil de recepção-transmissão *wireless*, onde o transmissor constitui-se de uma fita elástica com eletrodos ajustada ao tórax do indivíduo, e o receptor de uma unidade de relógio de pulso. Investigações prévias demonstraram elevados coeficientes de correlação da FC mensurada eletrocardiograficamente e mediante cardiofrequencímetro ( $r = 0,94 - 0,99$ ) (LEGER; THIVIERGE, 1988). A FC máxima ( $FC_{máx}$ ) foi operacionalmente definida como o maior valor de FC obtido durante o teste. O cardiofrequencímetro também foi utilizado em todas as sessões de treinamento a fim de monitorar a intensidade do exercício.

Após a mensuração dos parâmetros fisiológicos máximos foram aplicados modelos matemáticos para prescrever e monitorar a intensidade do exercício nas sessões de treinamento. Este cálculo foi realizado através dos parâmetros percentuais de reserva pelo método preconizado por Karvonen (1957 apud ACSM, 2010), chamado de método da frequência cardíaca de reserva ( $FC_{res}$ ). O Colégio Americano de Medicina Esportiva (ACSM, 2010) recomenda a utilização deste método para a prescrição e monitoração da intensidade do exercício devido a sua forte relação com o consumo de oxigênio de reserva ( $\% \dot{V}O_{2res}$ ).

No parâmetro perceptual foram realizados durante o pré-teste, e também durante as sessões de treinamento. A percepção subjetiva do esforço (PSE), definida como a habilidade de detectar e interpretar sensações orgânicas durante a realização de exercício físico (NOBLE; ROBERTSON, 1996), o qual foi determinada através da escala de esforço *OMNI* para caminhada-corrída (*OMNI-WR*) durante o pré-teste e durante as sessões de treinamento – proposta por UTTER et al. (2004).

Basicamente este instrumento (escala OMNI de Percepção do Esforço) é composto por uma escala com âncoras variando de 0 (“descanso”) até 10 (“extremamente difícil”).

Antes de iniciar o teste incremental máximo no pré-teste, o processo de ancoragem foi realizado pelo método de memorização e de exercício, estabelecendo os pontos de referência de esforço mínimo e máximo (descritores numéricos: 0 e 10). Para tal, instruções padronizadas foram lidas para o participante incluindo o conceito de PSE: “nós definimos a percepção do esforço como a intensidade do esforço, estresse, desconforto e/ou fadiga que você experimenta em seu corpo durante o exercício físico. Durante este teste, nós utilizaremos a escala OMNI-caminhada e corrida”. Além disso, o participante foi questionado (procedimento padrão) para confirmar se o mesmo compreendeu como utilizar a escala. A PSE foi recordada a cada minuto durante o teste máximo em esteira, como citado anteriormente (NOBLE; ROBERTSON, 1996). Uma escala foi fixada a parede, em tamanho de pôster, na frente do avaliado para ser observada durante todo o teste, e também durante as sessões de treinamento para o monitoramento da intensidade da mesma.

### 3.4 PROTOCOLO DE INTERVENÇÃO

A intervenção foi realizada com dez sessões. O protocolo foi composto por três sessões semanais de caminhada-corrída na esteira, com duração aproximada de 30 minutos/sessão. As sessões de exercício foram planejadas de acordo com a recomendação proposta pelo ACSM (2010), sendo compostas por três etapas distintas, realizadas em sequência:

- Aquecimento, com duração de cinco minutos;
- Treinamento propriamente dito, com duração aproximada de 20 minutos;
- Fase de alongamento final e relaxamento, com a duração aproximada de cinco minutos.

A intensidade do treinamento foi calculada individualmente após o teste máximo em esteira. Visando uma abordagem conservadora as primeiras sessões de exercícios foram realizadas na intensidade moderada (~60-70%FC<sub>res</sub>), progredindo

para intensidade mais elevadas (~70-80%FC<sub>res</sub>) de acordo com as condições individuais e após estabilização fisiológica do participante. Por exemplo, estabilização da frequência cardíaca ao longo da sessão, ao invés do aumento progressivo em função do tempo de exercício. Tais dados indicaram uma adaptação positiva a intensidade prescrita, e que a mesma pôde ser manipulada visando uma nova adaptação.

Durante todas as sessões, as seguintes variáveis foram monitoradas na fase de treinamento propriamente dito: frequência cardíaca (a cada três minutos) percepção subjetiva do esforço (PSE) (logo após ter aferido a frequência e imediatamente ao encerrar a sessão principal), conforme procedimentos descritos anteriormente. Todas as sessões foram realizadas no período da noite (horário previsto entre 19:00 e 21:00), sendo supervisionadas e orientadas.

A sessão de treinamento foi iniciada somente após a verificação da glicemia que deveria estar entre os valores de 100 – 250 mg/dl. Caso a glicemia estivesse inferior a 80mg/dl, uma dose de carboidrato de 15 a 30 mg deveria ser fornecida ao participante – o mesmo não ocorreu. Caso a glicemia estivesse superior a 250 mg/dl e com presença de cetose, a sessão de exercícios deveria ser cancelada (SBD 2010).

### 3.5 ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados foram computados no software *Microsoft Office Excel* (2010), e posteriormente foram conferidos por dois indivíduos separadamente, objetivando o melhor controle possível na transferência dos resultados das avaliações. O efeito agudo do treinamento sobre o nível glicêmico foi analisado pela comparação do valor glicêmico pré-sessão exercício, imediatamente pós-sessão, 1 e 2 horas após a sessão. Foi calculado o delta percentual entre as medidas afim de verificar o efeito do treinamento e também se o nível glicêmico pós exercício atingiu a meta do tratamento (glicemia entre 100-200 mg/dl).

#### 4. RESULTADOS

O participante deste estudo é do sexo masculino, 30 anos de idade, realiza atividades de karatê há 7 anos e foi diagnosticado com DT1 aos 10 anos de idade. A massa corporal é de 73,4 kg, e estatura de 182 cm, o índice de massa corporal classifica o estado nutricional do participante em normal (22,16 kg/m<sup>2</sup>), a circunferência de cintura é de 80,4 cm e de quadril de 97,2 cm, gerando uma relação cintura quadril de 0,83. A avaliação antropométrica indica que o sujeito se encontra nos níveis normais quanto a adiposidade corporal e possui baixo risco à saúde.

A avaliação da aptidão cardiorrespiratória foi realizada através de um teste máximo em esteira com o protocolo de Bruce (1973). A resposta da pressão arterial antes de iniciar o teste estava normalizada (PAS 110 e PAD 70 mmHg), assim como a frequência cardíaca de repouso (55 bpm) e em posição ereta (85 bpm). O teste foi finalizado exatamente em 11:33 minutos devido a fadiga muscular geral relatada pelo sujeito. Sendo assim, a estimativa do consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2max</sub>) foi de 40,95 ml/kg/min, classificando a aptidão do sujeito como “um pouco abaixo da média” (percentil 40). A glicemia em jejum no dia do teste estava controlada (198,0 mg/dl). Baseando-se nos dados de FC<sub>repouso</sub> e FC<sub>máx</sub> foram estabelecidas as zonas alvos de treinamento a partir do método FC<sub>res</sub>.

A condição clínica do participante foi disponibilizada pela médica responsável. Os resultados dos exames laboratoriais (tabela 1) apresentaram os seguintes valores:

**Tabela 1** – Resultados dos Exames Clínicos

	Pré-Treinamento	Pós-Treinamento
Glicemia Jejum	289 mg/dL	328 mg/dL
Glicemia pós prandial	208 mg/dL	196 mg/dL
Frutosamina	405 µmol/ L	455 µmol/ L
Hemoglobina Glicada	8,9 %	9,4%
Colesterol Total	152 mg/dL	163 mg/dL
HDL Colesterol	56 mg/dL	52 mg/dL
LDL Colesterol	86 mg/dL	97 mg/dL
Triglicerídeos	50 mg/dL	70 mg/ dL

O treinamento foi realizado no período da noite no horário entre 19:00 e 21:00. Todas as sessões foram supervisionadas e orientadas. Antes de iniciar as sessões de treinamento foram verificados os valores da glicemia do participante para evitar quadros de hipoglicemia durante o exercício. Os valores glicêmicos antes de iniciar o treinamento estavam dentro da meta, indicando que o paciente não necessitava de nenhuma dose suplementar de carboidrato. Em cinco sessões de treinamento, os valores glicêmicos iniciais estavam elevados (acima da meta – 250,0 mg/dL), mas as sessões foram realizadas pois o participante não apresentava nenhuma outra condição desfavorável que pudesse comprometer o exercício. Além disso, verificou-se que apenas na terceira sessão, imediatamente após o treinamento, a glicemia do participante estava apresentando valores baixos (hipoglicemia – 47,0 mg/dL), então, solicitou que o mesmo ingerisse um alimento de rápida absorção (1 maçã pequena) para reestabelecer os valores considerados normais – conforme recomendações. A glicemia aferida após uma hora demonstrava-se nos valores normais (109,0 mg/dL), porém após duas horas ocorreu novamente o quadro hipoglicemiante (42,0 mg/dL), indicando um “efeito rebote”.

Ao analisar os resultados individuais das sessões de treinamento, percebeu-se três tendências de alterações glicêmicas provocadas pelo efeito do exercício, as quais estão apresentadas nas figuras a seguir.

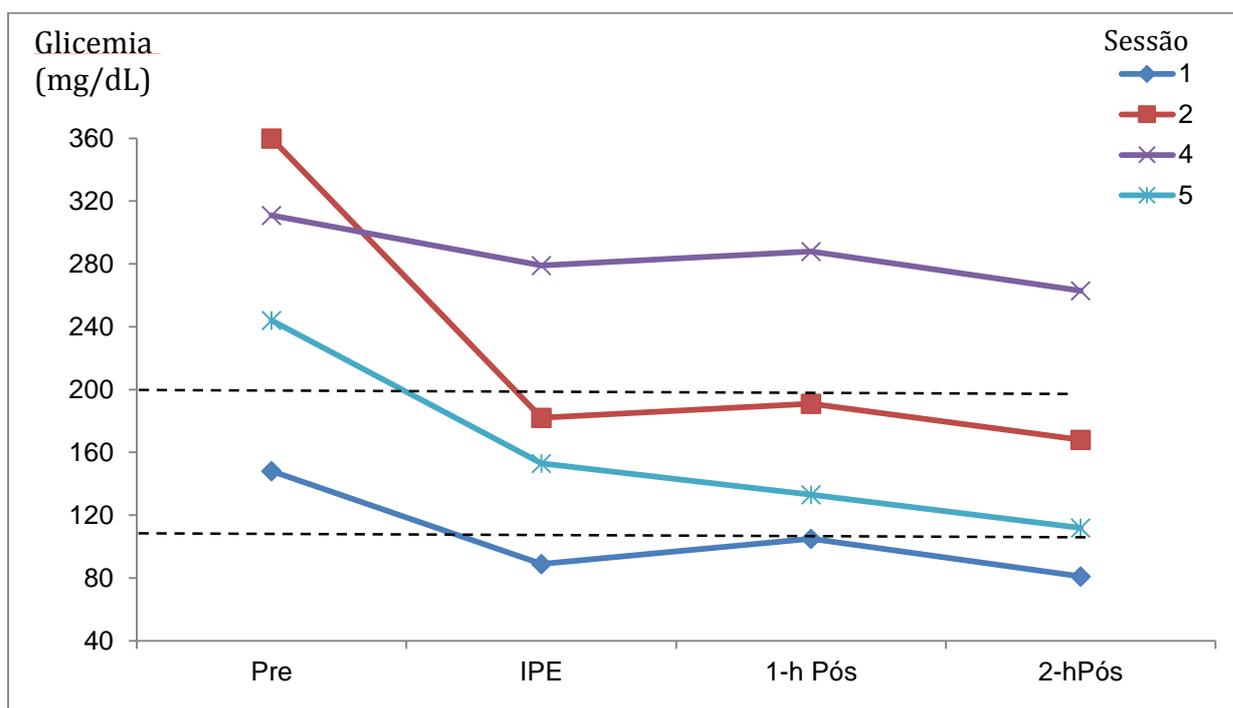


Figura 4 - Tendência 1 do comportamento glicêmico

A tendência 1 (figura 4) demonstra uma queda da glicose sanguínea imediatamente após o término da sessão. O valor glicêmico uma hora após o treinamento apresentou-se similar ao momento imediatamente após o término da sessão; e, ocorreu um leve declínio duas horas após o treinamento.

**Tabela 2** - Delta Percentual Redução da Glicose Tendência 1

Sessão/ Tendência	$\Delta\%$ glicose ipe – glicose pré	$\Delta\%$ glicose 1h após – glicose pré	$\Delta\%$ glicose 2h após – glicose pré
1	40%	29%	45%
2	49,5%	47%	53%
4	10%	7,5%	15%
5	37%	45%	54%

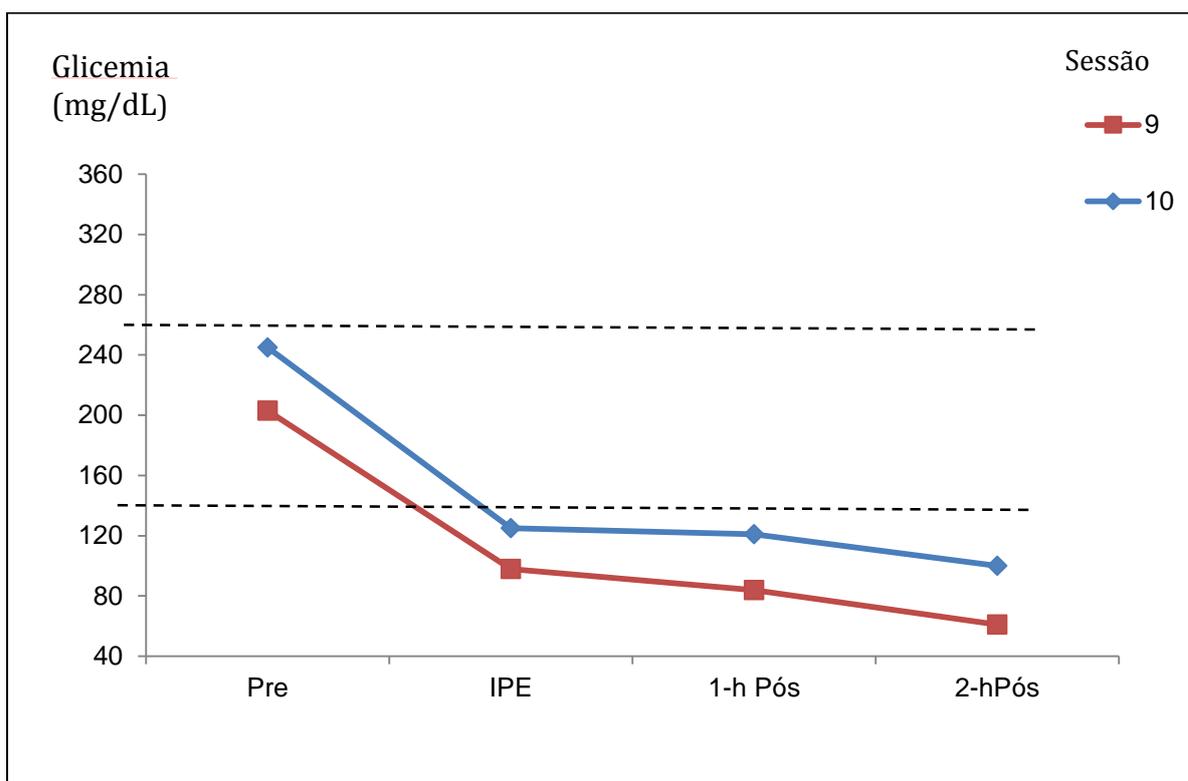


Figura 5 - Tendência 2 do comportamento glicêmico

A tendência 2 (figura 5), indica o efeito positivo do treinamento pois apresenta um declínio de aproximadamente 50% na diferença entre a glicose aferida pré e imediatamente após o treinamento, atingindo a meta de controle glicêmico para indivíduos não DT1. Todavia, houve uma redução da glicemia aferida duas horas após o término da sessão 9, indicando um estado hipoglicêmico (61,0 mg/dL), mesmo assim ressalta-se que o participante não demonstrou nenhum sintoma negativo.

**Tabela 3 - Delta Percentual Redução da Glicose Tendência 2**

Sessão/ Tendência	$\Delta\%$ glicose IPE – glicose pré	$\Delta\%$ glicose 1h após – glicose pré	$\Delta\%$ glicose 2h após – glicose pré
9	51,7 %	58,6 %	70%
10	49%	50%	60%

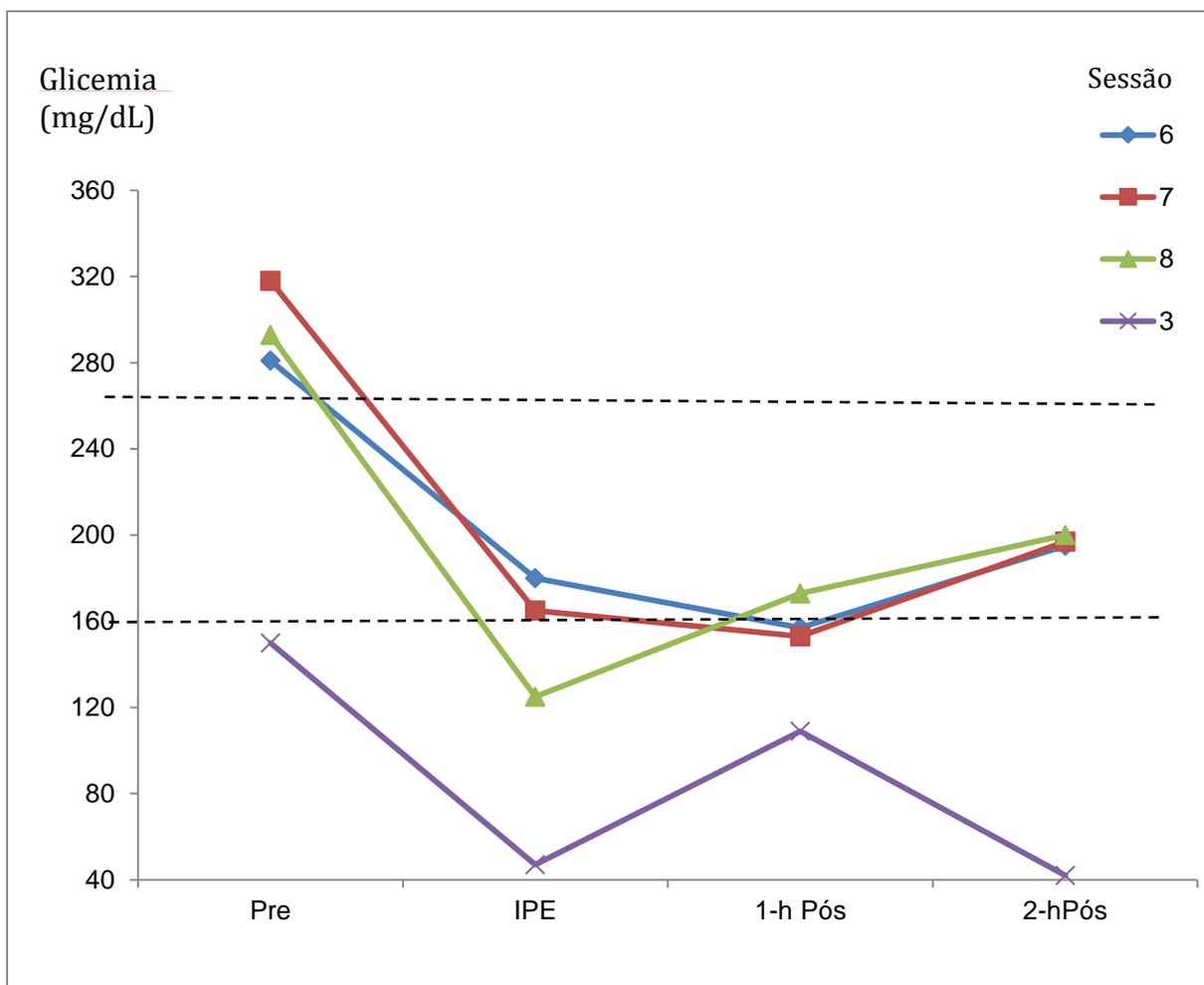


Figura 6 - Tendência 3 do comportamento glicêmico

Na tendência 3 (figura 6), observou-se o chamado efeito rebote no comportamento glicêmico; houve um declínio na glicose aferida imediatamente após indicando um efeito positivo, porém, uma hora assim como duas horas após o termino da sessão, a glicose se elevou (com exceção da sessão 3). Este efeito rebote demonstrou-se acentuado apenas na sessão 8.

**Tabela 4** - Delta Percentual Redução da Glicose Tendência 3

Sessão / Tendência	$\Delta\%$ glicose IPE – glicose pré	$\Delta\%$ glicose 1h após – glicose pré	$\Delta\%$ glicose 2h após – glicose pré
3	68%	27%	72%
6	36%	44%	30%
7	48%	52%	38%
8	57%	41%	32%

Os resultados apresentados demonstraram uma redução entre 36% a 68% na glicemia aferida imediatamente após o término da sessão, com exceção da quarta sessão (10%). Pode-se observar um declínio satisfatório da glicemia na qual atingiu-se os valores recomendados de tratamento, sem que o participante relatasse qualquer outro sintoma negativo a sua saúde. Além disso, foi relatado uma diminuição da utilização da insulina de ação rápida indicando outro benefício ocasionada pelo exercício.

A diminuição dos valores glicêmicos observado nas sessões de treinamento pode ser explicada parcialmente pela ativação da adrenalina pelo exercício em conjunto com a insulina de ação lenta aplicada.

Infelizmente este estudo possui uma limitação referente a número de sessões que não pode ser completado como planejado. A interrupção do treinamento ocorreu devido a uma lesão no ombro esquerdo realizada em outra atividade.

## 4 DISCUSSÃO

O diabetes tipo 1 (DM1) por ser uma doença crônica, necessita que seu portador sempre esteja consciente de sua situação. Para isso é necessário que seja realizado avaliações físicas e clínicas (glicemia, hemoglobina glicada e frutamina), sempre com acompanhamento médico para controlar a glicemia e evitar complicações. Para se obter um tratamento eficaz do DM1 é recomendado além das administrações de insulina diária, um controle rigoroso da alimentação (em relação ao índice glicêmico dos alimentos ingeridos), e a prática de exercícios físicos orientada e supervisionada pelo profissional da área (SBD, 2012).

Pode-se verificar no estudo realizado que o exercício, e a progressão do mesmo, deve ser prescrito respeitando a individualidade do participante e da resposta metabólica à atividade. A intensidade do programa de exercício variou progressivamente, sendo de 60 até 80% da FC<sub>res</sub>. Observou-se que o delta percentual da glicose, comparando os valores glicêmicos imediatamente após e pré exercício, apresentou valores menores do que a diferença da glicose duas horas após e da glicose pré exercício. O efeito agudo do exercício foi benéfico em todas as sessões, com exceção da sessão 4, atingindo os valores recomendados para o tratamento do DT1. Destaca-se um efeito mais pronunciado da resposta glicêmica nas duas últimas sessões, na qual atingiu-se os valores recomendados da glicemia para indivíduos não diabéticos. A sexta, sétima e oitava sessão se caracterizam por um aumento da glicêmica após atividade caracterizando um efeito rebote.

Existem muitos conflitos na literatura entre qual tipo de exercício, intensidade e duração pode ser mais recomendado para auxiliar no controle metabólico do indivíduo com DM1 (RAMALHO; SOARES, 2008). O efeito que o exercício físico poderá proporcionar ao diabético está correlacionado diretamente com o horário e conteúdo da última refeição realizada; tipo, horário, local da última aplicação da dose de insulina e controle metabólico (SBD, 2009).

Ramalho et al. (2006), realizaram um estudo com doze semanas de treinamento para identificar a diferença do exercício aeróbico e de resistência nos sujeitos com DM1. A amostra foi de 13 participantes com idade entre 13 a 30 anos sendo subdividido entre o grupo A exercício aeróbico (n=7) e grupo B exercício

resistido (n=6). O grupo A realizou atividades de caminhada ou corrida com duração de 40 minutos e o grupo B atividades com exercícios resistidos, ambos com frequência semanal de três vezes. Foi realizado exames antes e após o período de treinamento com ambos os grupos, e constatou-se que nas atividades aeróbicas não houve mudanças na hemoglobina glicada, mas apenas uma diminuição na circunferência da cintura. O grupo que realizou o treinamento de resistência apresentou uma tendência de redução da hemoglobina glicada, mas essa alteração não foi significativa. A possível explicação para este fato pode estar relacionada ao período de treinamento de 12 semanas, o qual pode ter sido insuficiente.

Yardley et. al. (2013), em seu estudo objetivaram demonstrar o efeito do exercício aeróbico e de resistência na glicemia de sujeitos com DM1. A amostra foi composta por 12 sujeitos (dez homens e duas mulheres) com DM1, caracterizados com um bom controle da hemoglobina glicada ( $HbA1c 7,1 \pm 1,1\%$ ) e fisicamente ativos. Os sujeitos realizaram exercício de resistência (três séries com sete exercícios com oito repetições no máximo); exercício aeróbico que consistiu em 45 minutos de corrida na intensidade de  $60\%VO_{2max}$  e não realizaram nenhum outro tipo de atividade nos dias de descanso. A glicose sanguínea foi aferida durante a atividade (nos minutos 5, 10, 15, 30 e 45) e 60 minutos após cada atividade (50, 55, 60 65, 75, 85, 95 e 105 durante a recuperação). Houve mudanças na glicose plasmática durante e após as atividades. Durante os exercícios resistidos houve uma diminuição de  $8,4 \pm 2,7$  para  $6,8 \pm 2,3$  mmol/L, enquanto durante o exercício aeróbico esse declínio foi de  $9,2 \pm 3,4$  para  $5,8 \pm 2,0$  mmol/L. Nos dias sem exercício não houve mudança na glicemia. Observou-se que durante o exercício de resistência o declínio do nível de glicose sanguínea ocorre (20%), mas é menor do que o efeito do exercício aeróbico (37%) que diminui mais acentuadamente. Todavia, durante o período de recuperação após realizado o programa de exercícios resistidos o nível de glicose permaneceu estável e, por sua vez, na recuperação do exercício aeróbico houve um aumento de  $2,2 \pm 0,6$  mmol/L (38%).

O aumento da glicemia encontrado no presente estudo nas sessões 6, 7 e 8, foi de 6% até 25% comparando os valores imediatamente após a sessão e duas horas após o término da sessão e, de 9% a 14% comparado à aferição realizada após 2 horas com após 1 hora. Este fenômeno denominado de “efeito rebote” da glicemia durante a realização do exercício é semelhante ao efeito *somogyi* que pode ocorrer no diabético apresentando um quadro de hipoglicemia aguda durante o seu

sono e conseqüentemente a liberaçãõ de alguns hormônios contra-reguladores (catecolaminas, cortisol e glucagon) que estimulam uma glicosúria ocasionando uma hiperglicemia matinal (NERY, 2008; LOPES, 2006).

Evidência recente relatou que durante a atividade física alguns hormônios como as catecolaminas, cortisol, hormônio do crescimento, insulina e glucagon são ativados para auxiliar no controle do metabolismo do indivíduo com DM1, apresentando um equilíbrio entre a produção de glicose hepática e captação da glicose pelos músculos ativados. Essa regulação dependerá do tipo, intensidade e duração do exercício (CHIANG et. al., 2014).

A pesquisa realizada por Silva e Oliveira (2009) obteve resultados similares com o presente estudo. O objetivo da investigação foi analisar o efeito do exercício aeróbico em diferentes intensidades (50, 60 e 70% da frequência cardíaca máxima), mas com a mesma duração, na glicemia capilar em um indivíduo DM1. O participante da pesquisa era do sexo masculino possuía 27 anos, 82kg e 1,80m de estatura, apresentava diagnóstico de DM1 há oito anos e quatro meses, realizava tratamento insulínico por administração de injeções diárias e não apresentava nenhuma complicação do diabetes. Todas as sessões de treinamento foram realizadas com 45 minutos de duração diferenciando somente as intensidades, sendo classificadas em 1) caminhada vigorosa (5,5 Km/h – 50% da FC<sub>máx</sub>), 2) *jogging* (7,0 Km/h – 60% da FC<sub>máx</sub>) e 3) corrida (acima de 8,5 Km/h – 70% da FC<sub>máx</sub>). As atividades foram realizados em três dias consecutivos, em uma pista de atletismo de 400 metros. No primeiro dia foi realizado a corrida, no segundo dia o *jogging* e no terceiro dia a caminhada vigorosa. A glicemia foi aferida pré exercício, no instante 15, 30 e 45 minutos durante o exercício e, nos minutos 30, 60 e 120 após o término da sessão. No dia do exercício de corrida (acima de 8,5 Km/h – 70% da FC<sub>máx</sub>) a glicemia pré se encontrava em 151mg/dL, e após o término da sessão o participante apresentou um quadro de hipoglicemia (50mg/dL) – não foram monitorados os valores da glicemia durante a recuperação pelo fato do sujeito ter ingerido um carboidrato simples que causaria alteração nos valores do efeito do exercício em si. A alteração da glicemia pré comparada à após atividade foi de 66,9%. No segundo dia foi realizada a atividade de *jogging* (7,0 Km/h – 60% da FC<sub>máx</sub>) a glicemia pré exercício apresentava-se em 191mg/dL e imediatamente após o exercício 100mg/dL, demonstrando uma redução de 47,6% da glicemia. Além disso, ao comparar a glicemia pré e após uma hora de recuperação observou-se o

valor de 75mg/dL, resultando em uma alteração de 60,7%. Ainda, ao conferir a glicemia duas horas após o término (o qual estava em 93mg/dL) percebeu-se um “efeito rebote”, ou seja, um pequeno aumento da glicemia (9,4%) comparado a última aferição realizada, semelhante ao que ocorreu nas sessões 6, 7 e 8 do presente estudo.

Os resultados apresentados no estudo de Silva e Oliveira (2009) diferenciam em alguns aspectos do presente estudo por apresentarem uma duração maior da atividade realizada. Entretanto, as alterações glicêmicas também indicaram o efeito rebote da glicemia, este fenômeno parece não estar relacionado diretamente com a intensidade do exercício elevada, mas com a duração da atividade, insulina e seus picos da ação, além da dieta alimentar inadequada. Afirmando que de forma mais segura para o DM1 realizar o exercício deve se obter conhecimento sobre seu metabolismo tanto alimentação quanto duração e ação da insulina, reconhecer quadros hipoglicêmicos e hiperglicêmicos, realizar essas atividades acompanhados, sendo supervisionados para quaisquer possíveis eventos que possam ocorrer (SBD, 2009; SBD, 2012,

Infelizmente o participante desta pesquisa não completou as últimas duas sessões de exercício prescritas devido a uma lesão no ombro esquerdo ocasionada em outra atividade que o mesmo realizava. Por consequência da lesão, o participante também não realizou os exames clínicos logo após o término do programa de treinamento, impossibilitando a comparação do quadro clínico assim como dos exames em parâmetros metabólicos que indicam o controle do DM1. Apesar desta limitação, o participante relatou que sentiu-se melhor e que nos dias de treinamento as doses de insulina após a atividade puderam ser diminuídas ou até mesmo desnecessárias, indicando um benefício agudo provocado pelo exercício.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O efeito agudo do exercício aeróbico demonstrou benefícios ao participante, pois após a atividade os níveis glicêmicos se encontraram dentro das recomendações para o tratamento desta condição, destacando-se as duas últimas sessões de treinamento, nas quais o valor glicêmico encontrou-se na meta para indivíduos que não possuem este quadro clínico. Este benefício não ocorreu em apenas uma sessão (número 4). Além disso, ressalta-se que o participante relatou que a dosagem de insulina noturna (de ação rápida) pôde ser diminuída nos dias em que o exercício foi realizado ou até mesmo sendo desnecessária. Portanto, conclui-se que o efeito agudo do treinamento aeróbico pode contribuir no tratamento do DT1 diminuindo a utilização de insulina pelo paciente e, conseqüentemente, melhorando sua qualidade de vida.

Este estudo possui algumas limitações destacando-se o fato da inconsistência de resultados para determinar os efeitos crônicos do treinamento proposto. Tais efeitos não puderam ser analisados devido a uma lesão sofrida pelo participante em suas atividades habituais (e não durante o exercício prescrito) que inviabilizou os exames clínicos logo após o término do programa de treinamento. Ressalta-se que a atividade física prescrita aos pacientes DT1 deve ser realizada de forma individualizada, pois a resposta metabólica do paciente depende de diversos fatores além do exercício prescrito. Neste sentido, sugere-se que futuros estudos sobre esta temática controlem também as doses de insulina diária utilizada assim como da dieta alimentar do paciente. Além disso, recomenda-se que seja aprofundado o efeito crônico do exercício aeróbico na Hb1Ac, frutossamina e outros indicadores de saúde.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. **Diabetes Care**, v. 36, supplement 1, jan. 2013.

\_\_\_\_\_. Standards of Medical Care in Diabetes. **Diabetes Care**, v. 28, supplement 1, jan. 2005.

\_\_\_\_\_. Standards of Medical Care in Diabetes. **Diabetes Care**, v. 32, supplement 1, jan. 2009.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 1998. apud SOUZA, C.R.; ZANETTI, M.L. Administração de insulina: uma abordagem fundamental na educação em diabetes. **Revista de Escola de Enfermagem da USP**, São Paulo, v.34, n.3, p. 264-70, set. 2000.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. Ed. 8 Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins, 2010.

ARRANTES, G. N.; SANTOS, A, C, I.; NAVARRO, F. A influência do exercício físico combinado (aeróbio e de força) na necessidade de insulina exógena em indivíduos diabéticos tipo 1. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v.3, n. 15, p. 284 –294. Maio/Junho, 2009.

BRUCE, R. A.; KUSUMI, F.; HOSMER, D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. **American Heart Journal**. v. 85, n. 4, p. 546- 551, 1973.

CHIANG, J. L. et. al., Type 1 Diabetes Through the Life Span: A Position Statement of the American Diabetes Association. **Diabetes Care**, v. 37. p. 2034 – 2054, 2014.

CIOLAC, E.G.; GUIMARÃES, G. V. Exercício físico e síndrome metabólica. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. São Paulo, v. 10, n. 4, p. 319-324, Julho/Agosto, 2004.

DAGOGO-JACK S. Complications of diabetes mellitus. **ACP Medicine**. p. 1-27, 2010.

DIABETS UK, 2012. List of countries by incidence of Type 1 diabetes ages 0 to 14. Disponível em: <[http://www.diabetes.org.uk/About\\_us/News\\_Landing\\_Page/UK-has-worlds-5th-highest-rate-of-Type-1-diabetes-in-children/List-of-countries-by-incidence-of-Type-1-diabetes-ages-0-to-14/](http://www.diabetes.org.uk/About_us/News_Landing_Page/UK-has-worlds-5th-highest-rate-of-Type-1-diabetes-in-children/List-of-countries-by-incidence-of-Type-1-diabetes-ages-0-to-14/)>. Acesso em: 15 Jul 2013.

DIAS, V. M. et al. Influência do índice glicêmico da dieta sobre parâmetros antropométricos e bioquímicos em pacientes com diabetes tipo1. **Arquivo Brasileiro Endocrinologia Metabólica**, São Paulo, v. 54, n. 9, p. 801-806, 2010.

FIGUEIREDO, A.S.S. **Insulinas e Carcinógenese**: questões levantadas pelas insulinas humanas recombinantes em utilização terapêutica. 2010. 85 f. Dissertação. (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade do Algarve, Portugal, 2010.

FOX, E. L.; FOSS, M. L.; KETEYIAN, S. J. **Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 6ª edição, 2000.  
GOLDBERG, P.A et al. Implementation of a safe and effective insulin infusion protocol in a medical intensive care unit. **Diabetes Care**. v. 27, p. 461-467, 2004.

GOMES, M. B et al. The Cost of type 1 diabetes: a nationwide multicenter study in Brazil. **World Health Organization**. v. 91, n. 6, p. 434- 440, Junho, 2013.

GROSS et al., Diabetes Melito: Diagnóstico, Classificação e Avaliação do controle glicêmico. **Arquivo Brasileiro Endocrinologia Metabólica**, São Paulo, v. 46, n. 1, p. 16-26, Fevereiro 2002.

GROSS, J. L.; FERREIRA, S. R. G.; OLIVEIRA, de J. E. Glicemia pós-prandial. **Arquivo Brasileiro Endocrinologia Metabólica**, São Paulo, v. 47, n. 6, p. 728- 738, Dezembro 2003.

GUYTON, A. C. Insulina, Glucagon e Diabetes Melito. In: GUYTON, Arthur C; HALL, John E. **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Elsevier, c2006. p. 961- 977.

HEYWARD, V. H.; STOLARCZYK, L. M. **Anthropometric Method Applied Body composition Assessment**. Ed Champaign: Human Kinetics, 1996.

HISSA, A. S. R.; ALBUQUERQUE, L. L.; HISSA, M. N. Avaliação do Grau de Satisfação da Contagem de Carboidratos em Diabetes Mellitus tipo 1. **Arquivo Brasileiro Endocrinologia Metabólica**, São Paulo, v. 48, n. 3, p. 394-397, junho 2004.

IRIGOYEN et al., Exercício Físico no Diabetes Melito associado à Hipertensão Arterial Sistêmica. **Revista Brasileira de Hipertensão**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 109-116, abril/junho de 2003.

LEGER, Luc; THIVIERGE, Madeleine. Heart rate monitors: validity, stability, and functionality. **Physician and sports medicine**. v. 16, n. 5, 1988. p. 143-151.

LOHMAN T.G, ROCHE A.F, MARTORELL R. **Anthropometric Standardization Reference Manual** Abridged Edition. Champaign, IL: Human Kinetics. 1988.

LOPES, A. C. Diagnóstico e tratamento. **Manole**, v. 2. p. 751, 2006.

LOTTENBERG, A. M. P. Características da Dieta nas Diferentes Fases da Evolução do Diabetes Melito tipo 1. **Arquivo Brasileiro Endocrinologia Metabólica**, São Paulo, v. 52, n. 2, p. 250- 259, 2008.

MCGEE et. al., 2003 apud ROPELLE, E. R.; PAULI, J. R.; CARVALHEIRA, J. B. C. Efeitos moleculares do exercício físico sobre as vias de sinalização insulínica. **Motriz**, Rio Claro, v.11, n.1, p. 49- 55, jan./abr. 2005.

MICULIS, C. P. et. al., Atividade física na criança com diabetes tipo 1. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 86, n. 4, p. 271-278, 2010.

MOSHER, P. E. et. al., Aerobic circuit exercise training: Effect on adolescents with well-controlled insulin-dependent diabetes mellitus. **Archives of physical Medicine and Rehabilitation**, v. 79, n 6, p. 652- 657, junho 1998.

NERY, M. Hipoglicemia como fator complicador no tratamento do diabetes melito tipo 1. **Arquivo Brasileiro Endocrinologia Metabólica**. v. 52, n. 2, p. 288- 298, 2008.

NETTO, A. P. et. al., Atualização sobre hemoglobina glicada (HbA1C) para avaliação do controle glicêmico e para o diagnóstico do diabetes: aspectos clínicos e laboratoriais. **Jornal Brasileiro de Patologia Médica Laboratorial**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 1, p. 31-48, fevereiro 2009.

NOBLE, B. J.; ROBERTSON, R. J. **Perceived exertion**. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.

RAMALHO, et al., The effect of resistance versus aerobic training on metabolic control in patients with type-1 diabetes mellitus. **Diabetes Research and Clinical Practice**. v.72, n. 3, p. 271 – 276, june 2006.

RAMALHO, A. C. R.; SOARES, S. O papel do exercício no tratamento do diabetes melito tipo 1. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v. 52, n. 2, p. 260 – 267, março 2008.

ROPELLE, E. R.; PAULI, J. R.; CARVALHEIRA, J. B. C. Efeitos moleculares do exercício físico sobre as vias de sinalização insulínica. **Motriz**, Rio Claro, v.11, n.1, p. 49- 55, jan./abr. 2005.

ROBBINS, S. L. O sistema Endócrino. **Patologia: bases patológicas das doenças**. Rio de Janeiro: Elsevier, 8ª edição, 2ª tiragem, 2010. p. 1139- 1154.

SAFAK, Guven; KUENZI, Julie A; MATFIN, Glenn. Diabetes Mellitus. In: PORTH, Carol M et al. **Fisiopatologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 6ª edição, 2004 p. 906- 922.

SHERWIN, R. S. Diabetes Melito. In: CECIL, R. L. **Tratado de Medicina Interna**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 20ª edição v.2. 1997. p. 1391- 1413.

SILVA, J.; OLIVEIRA, E. L. Efeitos do exercício aeróbio em diferentes intensidades sobre a glicemia capilar em um indivíduo diabético tipo 1. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**. São Paulo, v. 3. n. 14, p. 154 – 160. Março/Abril, 2009.

SILVEIRA, et al., Uma amostra de pacientes com diabetes tipo 1 no sul do Brasil. **Arquivo Brasileiro Endocrinologia Metabólica**, São Paulo, v. 45, n. 5, outubro de 2001.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. **Algoritmo para o tratamento de diabetes tipo 2**. Posicionamento Oficial SBD nº3, 2011. Disponível em: <<http://www.diabetes.org.br/attachments/posicionamento/posicionamento-sbd-n-03-2011.pdf>> Acesso em: 18 out. 13.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico e tratamento do diabetes tipo 1**. Posicionamento Oficial SBD nº1, 2012. Disponível em: <<http://www.diabetes.org.br/images/stories/pdf/diagnostico-e-tratamento-dm-posicionamento-da-sbd-2012.pdf>> Acesso em: 18 out. 13.

\_\_\_\_\_. **Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes** – São Paulo: AC Farmacêutica, 2009.

\_\_\_\_\_. **Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes** – São Paulo: AC Farmacêutica, 2010.

\_\_\_\_\_. **Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes** – São Paulo: AC Farmacêutica, 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENDOCRINOLOGIA E METABOLOGIA. **Diabetes Mellitus: Tratamento Medicamentoso.** 2006. Disponível em: <[Http://www.diabetes.org.br/educacao/docs/diretrizes.pdf](http://www.diabetes.org.br/educacao/docs/diretrizes.pdf)>. Acesso em: 13 ago 2013.

\_\_\_\_\_. **Diabetes Mellitus: Neuropatia.** 2006. Disponível em: <[Http://www.projetodiretrizes.org.br/4\\_volume/09-Diabetesm.pdf](http://www.projetodiretrizes.org.br/4_volume/09-Diabetesm.pdf) >. Acesso em: 20 fev 2014.

SOUZA, C.R.; ZANETTI, M.L. Administração de insulina: uma abordagem fundamental na educação em diabetes. **Revista de Escola de Enfermagem da USP**, São Paulo, v.34, n.3, p. 264-70, set. 2000.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K. Métodos de pesquisa em atividade física. 3ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2002. 34p.

UTTER, Alan C. et al. Validation of the Adult OMNI Scale of perceived exertion for walking/running exercise. **Medicine and science in sports and exercise.** v. 36, p. 1776-1780, 2004.

YARDLEY, J. E. et. Al., Resistance versus Aerobic exercise: acute effects on glycemia in type 1 diabetes. **Diabetes Care.** v. 36 p. 537 – 542, march, 2013.

ZANETTI, M. L.; MENDES, I. A. C.; RIBEIRO, K. P. O desafio para o controle domiciliar em crianças e adolescentes diabéticas tipo 1. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, São Paulo, v.9, n.4, p. 32-36, julho, 2001.

## APÊNDICE

## APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

**Título da pesquisa:** Efeito agudo do exercício aeróbico nos níveis glicêmicos do diabético tipo 1.

**Pesquisador(es), com endereços e telefones:** Ana Laura Felipe Braga, Av. República Argentina, 1927, AP1303, Tel. (41) 9926-2692

**Engenheiro ou médico ou orientador ou outro profissional responsável:** Maressa P. Krause

**Local de realização da pesquisa:** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Campus Curitiba-PR

**Endereço, telefone do local:** Avenida Sete de Setembro, 3165. Tel. (41) 3310-4545

#### A) INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE

##### 1. Apresentação da pesquisa.

O diabetes mellitus é uma doença crônica, caracterizada como uma síndrome metabólica, que está relacionada com o distúrbio de carboidratos, lipídeos e proteínas. O diabético tipo 1 possui uma deficiência na produção de insulina, sendo este o principal hormônio de transporte da glicose para as células. Esta população precisa realizar um controle vigoroso da doença para poder manter a glicemia em níveis adequados para que não haja complicações. A glicemia quando não está controlada pode carregar em: retinopatia com risco de perda de visão, neuropatia levando a insuficiência renal, doenças microvasculares e macrovasculares.

O presente estudo pretende analisar o efeito do exercício aeróbico diretamente nos níveis glicêmicos do diabético tipo 1. A glicemia e o exercício físico quando mantidos em níveis adequados auxiliam no estado geral de saúde como previnem diversas complicações causadas pelo Diabetes Tipo 1, melhorando a qualidade de vida.

##### 2. Objetivos da pesquisa.

O estudo tem o objetivo de verificar o efeito do exercício físico sobre o nível glicêmico, bem como outros indicadores de saúde (hemoglobina glicada e frutossamina).

##### 3. Participação na pesquisa.

O estudo será seguido conforme as seguintes etapas: aceitar voluntariamente o convite médico para participar do estudo, permitindo que o mesmo repasse as informações referentes ao histórico de saúde ao coordenador da pesquisa (essas informações serão utilizadas para elaborar o programa individualizado de treinamento); comparecer a avaliação física inicial (duração aproximada de 60 minutos); comparecer as sessões de treinamento (duração aproximada de 30 minutos por sessão). A avaliação inicial será iniciada com a explicação dos objetivos e procedimentos do estudo, leitura deste termo (e assinatura condicionando a participação voluntária), informar dados pessoais (cadastro geral), medir a massa, estatura e circunferências corporal, e realizar um teste de caminhada-corrída na esteira até que o máximo esforço seja alcançado (esses testes serão realizados em um ambiente fechado e individualmente).

#### **4. Confidencialidade.**

Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, me identificar, será mantido em sigilo.

#### **Desconfortos, Riscos e Benefícios.**

##### **5a) Desconfortos e ou Riscos:**

Fui esclarecido sobre possíveis desconfortos e riscos decorrentes do estudo, levando-se em conta que é uma pesquisa, e os resultados positivos e negativos somente serão obtidos após a sua realização. Assim, estou ciente de que os riscos para minha saúde são mínimos. Os principais problemas que podem ocorrer durante o exercício são: falta de ar, tontura, sensação de desmaio e hipoglicemia. A fim de minimizar os riscos a glicemia será mensurada com um glicosímetro antes e depois do exercício. Se durante a avaliação ocorrer qualquer um desses sintomas, avise imediatamente um dos pesquisadores, o qual avisará um médico de plantão para realizar o atendimento emergencial. É contra indicado para participar deste estudo indivíduos com qualquer outra doença que maximize os riscos descritos, que o/a impossibilite de realizar os testes ou prejudiquem seu desempenho. Por este motivo apenas serão convidados para o estudo os pacientes que obtiverem a liberação e convite médico.

##### **5b) Benefícios:**

Fui alertado de que, da pesquisa a se realizar, posso esperar alguns benefícios, destacando-se melhora no perfil metabólico (glicemia, hemoglobina glicada e frutamina), na aptidão física relacionada à saúde e conseqüentemente na qualidade de vida. Além disto, os pesquisadores fornecem um formulário de resultados dos testes que realizei no dia de hoje e os posteriores, então, poderei comparar os resultados e me informar do meu real estado de saúde relacionado ao meu comportamento metabólico referente ao diabetes. Essas informações serão encaminhadas ao médico que poderá utilizá-las para aprimorar o tratamento do Diabetes Tipo 1.

#### **5. Critérios de inclusão e exclusão.**

##### **6a) Inclusão:**

Diagnóstico de diabetes tipo 1 há pelo menos cinco anos; liberação médica para a prática dos exercícios aeróbios, sendo adulto jovem (idade entre 18 – 30 anos), sexo masculino, experiência na auto monitoração glicêmica com glicosímetro (mínimo de 1 ano), proprietário de seu próprio glicosímetro e que disponibilize três horas semanais para a realização dos exercícios em dias alternados).

##### **6b) Exclusão:**

Efeitos clínicos negativos atestados pela endocrinologista responsável (como alterações no perfil metabólico), ou desejo de se retirar da pesquisa por motivos pessoais.

#### **6. Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo.**

Fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e de, por desejar sair da pesquisa, não sofrerei qualquer prejuízo à assistência que venho recebendo.

## 7. Ressarcimento ou indenização.

Não haverá nenhum gasto por parte do voluntário ao participar da pesquisa, o que implica que também, não haverá nenhum tipo de ressarcimento ou indenização.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente da minha participação no estudo, serei devidamente indenizado, conforme determina a lei.

Nome completo: \_\_\_\_\_  
RG: \_\_\_\_\_ Data de Nascimento: \_\_/\_\_/\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_  
Endereço: \_\_\_\_\_ CE  
P: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_/\_\_/\_\_\_\_

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Assinatura pesquisador: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_  
(Ou seu representante)

Nome completo: \_\_\_\_\_

Para todas as questões relativas ao estudo ou para se retirar do mesmo, poderão se comunicar com \_\_\_\_\_, via e-mail: \_\_\_\_\_ ou telefone: \_\_\_\_\_

### **Endereço do Comitê de Ética em Pesquisa para recurso ou reclamações do sujeito pesquisado**

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR)  
REITORIA: Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, telefone: 3310-4943, e-mail: [coep@utfpr.edu.br](mailto:coep@utfpr.edu.br)