

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA E
INFORMÁTICA INDUSTRIAL

VANESSA CRISTINA HAACK

**UTILIZAÇÃO DE BIORREALIMENTAÇÃO POR MEIO DE CO₂ EXPIRADO NA
PRÁTICA DE ATIVIDADE AERÓBIA PARA ANÁLISE DE INDIVÍDUOS
OBESOS E COM SOBREPESO**

DISSERTAÇÃO

**CURITIBA
2014**

VANESSA CRISTINA HAACK

**UTILIZAÇÃO DE BIORREALIMENTAÇÃO POR MEIO DE CO₂ EXPIRADO NA
PRÁTICA DE ATIVIDADE AERÓBIA PARA ANÁLISE DE INDIVÍDUOS
OBESOS E COM SOBREPESO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de “Mestre em Ciências” – Área de Concentração: Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Miguel Gewehr

**CURITIBA
2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

H111u Haack, Vanessa Cristina
2014 Utilização de biorrealimentação por meio de CO₂ expirado na prática de atividade aeróbia para análise de indivíduos obesos e com sobrepeso / Vanessa Cristina Haack.-- 2014.
96 f.: il.; 30 cm

Texto em português, com resumo em inglês.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Curitiba, 2014.
Bibliografia: f. 77-82.

1. Sistemas de controle biológico. 2. Dióxido de carbono - Fisiologia. 3. Obesos - Análise. 4. Respiração artificial. 5. Exercícios aeróbicos. 6. Capnografia. 7. Exercício em esteira - Testes. 8. Simulação (Computadores). 9. Engenharia elétrica - Dissertações. I. Gewehr, Pedro Miguel, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. III. Título.

CDD 22 -- 621.3

Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
Câmpus Curitiba

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial

Título da Dissertação Nº. _____

**Utilização de Biorrealimentação por Meio de
CO₂ Expirado na Prática de Atividade
Aeróbia para Análise de Indivíduos Obesos e
com Sobrepeso.**

por

Vanessa Cristina Haack.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Miguel Gewehr.

Esta dissertação foi apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de MESTRE EM CIÊNCIAS – Área de Concentração: Engenharia Biomédica do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial – CPGEI – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, às 9h00 do dia 27 de agosto de 2014. O trabalho foi aprovado pela Banca Examinadora, composta pelos professores doutores:

Prof. Dr. Pedro Miguel Gewehr
(Presidente – UTFPR)

Prof. Dr. José Carlos da Cunha
(UNIVERSIDADE POSITIVO)

Prof. Dr. Joaquim Miguel
Maia (UTFPR)

Visto da coordenação:

Prof. Emilio Carlos Gomes Wille, Dr.
(Coordenador do CPGEI)

“A gente não se liberta de um hábito atirando-o pela janela: é preciso
fazê-lo descer a escada, degrau por degrau.”
Mark Twain.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, que sempre me incentivaram e acreditaram nas minhas escolhas e capacidade de concretizar meus objetivos.

Agradeço ao professor Dr. Pedro Miguel Gewehr pela orientação, dedicação e paciência na elaboração deste trabalho.

Agradeço ao professor M.Sc. Leonardo Gomes Grilo, incentivador e colaborador desta pesquisa. Assim como ao Diego Teixeira e Fávero Guilherme Santos bolsistas desta instituição que projetaram e construíram o *Spirofeed* no Labiem, laboratório da UTFPR, e promoveram o suporte necessário à manutenção e entendimento deste.

Agradeço em especial a minha amiga da vida toda, Ana Paula Vaz, pelo constante incentivo e motivação em iniciar esta jornada. E pelas conversas, parceria e amizade, muito obrigada.

Agradeço a D.^a Alzira Souza Santos pelos sábios conselhos e carinho, e ao Guilherme Schneider igualmente pelos conselhos e conversas incentivadoras.

Agradeço a minha empresa, Academia Ph.d Sports pela total confiança depositada em mim e pela permissão em realizar minha pesquisa, Assim como, aos colegas de trabalho que me auxiliaram e ajudaram sempre que necessário.

Agradeço aos participantes voluntários (meus alunos) pela dedicação, paciência e envolvimento em todo o processo de aquisição dos resultados deste trabalho. Sem a participação de vocês este não teria sido possível. A todos, meus mais sinceros agradecimentos.

E por fim, agradeço aos meus amigos que tanto estimo, que respeitaram e torceram por mim, durante todo o tempo em que estive ausente. Mesmo não estando na presença física de vocês, os votos de sucesso e força para terminar me auxiliaram a não desistir.

RESUMO

HAACK, Vanessa Cristina. **Utilização de biorrealimentação por meio de CO₂ expirado na prática de atividade aeróbia para análise de indivíduos obesos e com sobrepeso.** Dissertação- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

Este trabalho apresenta a utilização de biorrealimentação (*biofeedback*) como meio de reordenar a mecânica ventilatória de indivíduos obesos e com sobrepeso, através da utilização de um capnômetro para medir a pressão de CO₂ durante a marcha em esteira ergométrica, induzindo-os a aumentar a quantidade do CO₂ expirado, promovendo uma adequação do esforço motor. O objetivo consistiu em condicionar a mecânica ventilatória do grupo de estudo, através do aumento do CO₂ expirado, melhorando a captação de oxigênio, em virtude do aumento da ventilação, incidindo num aumento da frequência cardíaca e adequando o nível de esforço do ato motor, induzindo-os a respirar mais e melhor. Foram avaliados 18 indivíduos (12 obesos e/ou sobrepeso, sendo 8 mulheres e 4 homens e 6 com padrão de peso normal para a classificação de percentual de gordura, 2 mulheres e 4 homens) com idades entre 20 e 55 anos. Foram excluídos indivíduos que tivessem sido clinicamente diagnosticados com hipertensão, diabetes ou alguma cardiopatia sem que houvesse controle medicamentoso, mulheres grávidas e participantes com qualquer tipo de problema osteomuscular ou articular que dificultasse a marcha. Realizou-se inicialmente a medição das dobras cutâneas para separar os respectivos grupos e a medição do VO₂, através de teste submáximo em bicicleta ergométrica, pelo protocolo de Astrand para verificar a aptidão inicial dos participantes. O protocolo foi realizado em 12 sessões de dias alternados, onde cada voluntário foi submetido a 15 minutos ininterruptos de atividade aeróbia em esteira ergométrica. Foi utilizada uma máscara que se mantinha conectada ao capnômetro e ao dispositivo de *biofeedback* que devolvia a informação da execução do ato motor ao participante. A velocidade da esteira foi monitorada através da oscilação da frequência cardíaca, que foi mantida em 65% da frequência cardíaca máxima (FCM), para a idade, sendo medida por frequencímetro. A média encontrada para o percentual de gordura no grupo controle foi de 17±5,79% e para o grupo de estudos foi de 35±4,27%. A análise média dos valores de CO₂ do grupo de estudos foi inicialmente de 23,18±3,73 mmHg e ao final das coletas foi de 27,39±3,03 mmHg, e para o grupo controle a média foi respectivamente de 20,77±3,86 mmHg e 26,44±3,90 mmHg. Ao comparar indivíduos obesos e/ou sobrepeso aos indivíduos classificados com percentual de gordura normal e suas respectivas pressões de CO₂, há uma diferença estatisticamente significativa. A capnometria para medição de CO₂ por meio da utilização de *biofeedback* como meio de indução do aumento do fluxo de CO₂ expirado durante atividade aeróbia permitiu observar uma melhora na dinâmica respiratória dos indivíduos obesos e com sobrepeso através das medidas associadas entre o capnômetro e os valores da frequência respiratória que melhoraram o desempenho motor dos voluntários através do aumento da velocidade de execução da tarefa motora.

Palavras-chave: Condicionamento motor, mecânica ventilatória, biorrealimentação, indivíduos obesos e com sobrepeso, capnometria.

ABSTRACT

HAACK, Vanessa Cristina. **Use of biofeedback by tidal CO₂ expired in the practice of aerobic activity for analysis of obese and overweight people.** Dissertation. Graduate Program in Electrical and Computer Engineering, Federal University of Technology- Paraná. Curitiba, 2014.

This work presents the use of biofeedback as a way to record the ventilatory mechanics of overweight and obese individuals, through the use of a capnometer to measure the CO₂ concentration during walking on a treadmill, inducing them to increase the amount of exhaled gas. The aim of this study was to conditioning the mechanical ventilation study group improving their oxygen uptake. Eighteen individuals (12 obese and / or overweight, with 8 women and 4 men and 6 with standard weight for the classification of fat percentage, with 2 women and 4 men) aged 20 to 55 years old were evaluated. Individuals who had been clinically diagnosed with hypertension, diabetes or any disease without any medical control, pregnant women and participants with any type of musculoskeletal or joint problem that made it difficult in gait were excluded. It was initially carried out the measurement of skinfolds in order to separate the respective groups, and the measurement of VO₂ through submaximal test on a cycle ergometer at Astrand protocol to verify the initial fitness of the participants. The protocol was performed in 12 sessions in alternate days, where each volunteer was subjected to 15 minutes of continuous aerobic activity on a treadmill. Every 5 minutes a recording was performed with data of the biofeedback and values of capnometer equipment, totaling 15 minutes. A mask that remained attached to capnometer and biofeedback device that returned the information of the execution engine to each participant was used. The treadmill speed was monitored through the oscillation of heart rate, which was maintained at 65% of maximum heart rate (MHR) for age, as measured by frequency counter. The average percentage of fat found in the control group was 17±5.79% and for the study group was 35±4.27%. The average analysis of the CO₂ values of the study group was initially 23.18±3.73mmHg and the end of the collections was 27.39±3.03mmHg, and for the control group the average was respectively 20.77±3.86 mmHg and 26.44±3.90mmHg. When comparing obese and/or overweight individuals classified with normal fat percentage and their respective CO₂ concentrations there is a statistically significant difference. Capnometer for measuring CO₂ through the use of biofeedback as a means of inducing increased flow of exhaled gas during aerobic activity proved to be a useful and applicable tool. It was possible to verify a type of respiratory behavior in obese and overweight and associate measurements obtained by capnometer with the values of respiratory frequency.

Keywords: Motor conditioning, mechanical ventilation, biofeedback, obese and overweight, capnometer.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO ₂	Gás Carbônico
DP	Doença de Parkinson
EDA	Automação de design eletrônico (Electronic Design Automation)
EEPROM	Tipo de memória não volátil (Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory)
FC	Frequência Cardíaca
FC _{esf}	Frequência Cardíaca de Esforço
FCM	Frequência Cardíaca Máxima
GPIO	General Purpose Input and Output
GUIDE	Graphical User Interface Design Environment
JTAG	Joint Test Access Group
IMC	Índice de Massa Corporal
kPa	Quilopascal
LCD	Display de cristal líquido (Liquid Crystal Display)
mmHg	Milímetros de Mercúrio
MSP	Processador de sinal misturado (Mixed Signal Processor)
O ₂	Oxigênio
OMS	Organização Mundial de Saúde
PTH	Pin Through Hole
PSNS	Pesquisa Nacional sobre Saúde e Nutrição
PWM	Modulação por largura de pulso (Pulse width modulation)
RCQ	Relação Cintura Quadril
RPM	Rotação por Minuto
SD	Cartão Secure Digital
SPI	Interface periférica serial (Serial Peripheral Interface)
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VO _{2máx}	Volume de Oxigênio Máximo
Vol %	Porcentagem de Volume
XIN	Entrada do cristal
XOUT	Saída do cristal

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Foto do equipamento <i>Spirofeed</i> que fornece a resposta de <i>biofeedback</i> , acoplado à máscara e ao capnômetro que mede a concentração de CO ₂	37
Figura 2- Representação do isolamento do local da coleta aeróbia. Visão do Voluntário.....	38
Figura 3- Representação do isolamento do local da coleta aeróbia. Visão externa.....	38
Figura 4- Diagrama em blocos do <i>Spirofeed</i>	40
Figura 5- Teclado do <i>Spirofeed</i> com botão de acionamento de gravação “*” do esforço do usuário.....	41
Figura 6- Kit de desenvolvimento MSP-FET 430U64.....	42
Figura 7- Esquema elétrico da alimentação do circuito.....	43
Figura 8- Tratamento do sinal analógico de entrada.....	44
Figura 9- Conexões elétricas no micro controlador.....	45
Figura 10- Conexões elétricas do cartão SD.....	46
Figura 11- Conexões elétricas do teclado, LCD, <i>buzzer</i> e barra de <i>leds</i>	47
Figura 12- Fluxograma de funcionamento do <i>firmware</i>	49
Figura 13- Exemplo de aquisição de dados com o sistema alinhado.....	54
Figura 14- Fluxograma de operação do <i>software</i>	55
Figura 15- Foto do equipamento de <i>biofeedback</i> acomodado à esteira e conectado a máscara e ao voluntário durante caminhada.....	61
Figura 16- Diagrama de intervenção do voluntário com o local de coleta.....	62
Figura 17- Camadas superior, inferior e serigrafia da placa.....	88

LISTA DE PROGRAMAS

Lista 1- Configuração do Timer	89
Lista 2- Configuração do ADC.....	90
Lista 3- Exemplo de programação orientada a eventos no Matlab.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Pressões parciais dos gases respiratórios à medida que entram nos pulmões e destes saem (ao nível do mar).....	22
Tabela 2- Apresentação da classificação adaptada da Organização Mundial de Saúde (OMS) do Índice de Massa Corporal, baseada em padrões internacionais desenvolvidos para pessoas adultas descendentes de europeus.....	29
Tabela 3- Representação da correção de carga em bicicleta ergométrica para teste submáximo de VO_2 (ACSM, 1997).....	58
Tabela 4- Apresentação das médias dos valores antropométricos de todo o grupo e distintos por categoria.....	66
Tabela 5- Apresentação da medição da concentração de CO_2 pelo capnômetro na 1ª sessão de caminhada na esteira.....	68
Tabela 6- Apresentação da medição da concentração de CO_2 pelo capnômetro na 6ª sessão de caminhada na esteira.....	69
Tabela 7- Apresentação da medição da concentração de CO_2 pelo capnômetro na 12ª sessão de caminhada na esteira.....	69
Tabela 8- Apresentação das medidas antropométricas e do capnômetro de um voluntário ex obeso pertencente ao grupo controle.....	70
Tabela 9- Apresentação da média da frequência respiratória da 6ª sessão de 13 participantes, sendo 5 do controle e 8 do estudo.....	72
Tabela 10- Apresentação da média da frequência respiratória da 9ª sessão.....	72
Tabela 11- Apresentação da média da frequência respiratória da 12ª sessão.....	72
Tabela 12- Valores mínimos, médios e máximos alcançados no <i>Spirofeed</i> nas respectivas sessões 1, 6 e 12 pelos grupos controle e estudo.....	74

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	17
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	17
1.2.1 Objetivo Geral.....	17
1.2.2 Objetivos Específicos.....	18
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1 FISIOLOGIA DA RESPIRAÇÃO.....	19
2.2 TROCAS GASOSAS.....	20
2.3 CONTROLE DA VENTILAÇÃO: CENTRO RESPIRATÓRIO.....	23
2.4 SISTEMA CARDIOVASCULAR NO EXERCÍCIO.....	24
2.5 CONDICIONAMENTO FÍSICO.....	26
2.6 CONCEITO DE OBESIDADE.....	28
2.7 BIORREALIMENTAÇÃO (<i>BIOFEEDBACK</i>) SENSORIAL.....	31
3. METODOLOGIA.....	35
3.1 TIPO DO ESTUDO.....	35
3.2 LOCAL.....	35
3.3 AMOSTRAGEM.....	35
3.4 EQUIPAMENTO DE <i>BIOFEEDBACK (SPIROFEED)</i>	39
3.4.1 <i>HARDWARE</i>	41
3.4.2 ALIMENTAÇÃO E REGULADORES.....	42
3.4.3 TRATAMENTO DO SINAL ANALÓGICO DE ENTRADA.....	43
3.4.4 MICROCONTROLADOR.....	44
3.4.5 CARTÃO <i>SECURE DIGITAL</i>	45
3.4.6 DISPLAY ALFANUMÉRICO, BARRA DE <i>LEDS</i> , TECLADO E <i>BUZZER</i>	46
3.4.7 PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO.....	47
3.5 <i>FIRMWARE</i>	48
3.5.1 PROGRAMAÇÃO DOS PERÍODICOS UTILIZADOS-TEMPORIZADOR.....	49
3.5.2 CONVERSOR ANALÓGICO DIGITAL.....	50
3.5.3 DISPLAY ALFANUMÉRICO.....	50

3.5.4 INTERFACE DE COMUNICAÇÃO SERIAL E BIBLIOTECA FAT 16.	51
3.6 <i>SOFTWARE</i>	52
3.6.1 DESENVOLVIMENTO.....	52
3.6.2 GUI DO <i>SPIROFEED</i>	53
3.6.3 VERSÃO <i>STAND-ALONE</i> PARA WINDOWS 64 BITS.....	55
3.7 AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA.....	56
3.7.1 AVALIAÇÃO DO VO ₂ SUBMÁXIMO – TESTE DE ESFORÇO.....	57
3.8 ARRANJO DA MEDIÇÃO.....	60
3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	64
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
4.1 CONTROLE MOTOR POR FREQUÊNCIA CARDÍACA.....	65
4.2 MEDIÇÃO DO CO ₂ POR CAPNOMETRIA.....	67
4.3 FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA.....	71
4.4 BIORREALIMENTAÇÃO (<i>BIOFEEDBACK</i>).....	73
5 CONCLUSÕES	75
5.1 CONCLUSÃO.....	75
5.2 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
APÊNDICES	83

1 INTRODUÇÃO

A obesidade é uma realidade da vida moderna. Dados do Ministério da Saúde do ano de 2013 revelam que 51% da população brasileira está acima do peso, acarretando num problema socioeconômico de largas proporções conforme dados da Pesquisa Nacional Sobre Saúde e Nutrição (PNSN) de 1989, (MS, 2014). As consequências do aumento significativo de peso vinculado ao sedentarismo levam quase sempre ao desenvolvimento das doenças crônicas degenerativas. O avanço tecnológico e a rotina acelerada promovem um quadro de hipocinesia, onde a pouca quantidade de movimento aliada a uma alimentação inadequada dificultam ou pioram os distúrbios vinculados ao aumento de peso.

A motivação e mudança de hábitos requer um alto grau de disciplina e coerência na prescrição de exercícios. O treinamento aeróbio é direcionado e prescrito da mesma forma para qualquer indivíduo, ou seja, funciona de acordo com a oscilação da frequência cardíaca e de acordo com o metabolismo oxidativo visando à diminuição do peso corporal (GUYTON, 1998). Deste modo, indivíduos obesos ou com sobrepeso quando comparados a indivíduos com o peso dentro dos padrões normais são submetidos aos mesmos padrões de treinamento aeróbio. Assim esta atividade pode ser exercida por qualquer tipo de pessoa, mas desconsidera a dificuldade na dinâmica da respiração dos obesos, que é um fator determinante e limitante na execução da tarefa e na adesão de um programa de treinamento.

Para dissolver ou reverter esse processo, a precisão e correta elaboração de um programa de treinamento físico para indivíduos obesos ou com sobrepeso é fundamental para adesão de uma rotina de treinamentos, o que permite uma melhora na qualidade de vida. Nesses indivíduos é comum a carga de treinamento oscilar entre o estímulo insuficiente e o excesso, ocasionando em desmotivação e desistência desses, devido os programas subestimarem ou superestimarem suas potencialidades (BARROS, 2013).

Os benefícios fornecidos pela associação de uma dieta equilibrada aliada a um adequado programa de treinamento físico são evidentes. Em obesos saudáveis e sedentários, a precisão na elaboração do treinamento além de ser o meio mais seguro para uma resposta na melhora do rendimento, é o que garante a adesão a uma rotina de treinamento.

Entre a grande quantidade de efeitos da obesidade, um dos impactos está sobre a função respiratória, e conseqüentemente sobre a eficácia de exercícios físicos (DREHER, 2012). O reflexo da respiração num indivíduo caracterizado como obeso é determinante nas variáveis que incidem sobre o desenvolvimento de qualquer trabalho motor. Como esse indivíduo naturalmente gasta mais energia para realizar qualquer ato motor devido ao excesso de tecido adiposo que sobrecarrega o tecido muscular, entende-se que este tenha um maior consumo de oxigênio e menor eliminação de gás carbônico (SHENKMAN e BRODSKY, 1993; BUCKLEY, 1992), refletindo numa incompetência do aparelho respiratório para eliminar o gás carbônico, na mesma proporção que o gás chega aos pulmões (SILVA, 2006), ou seja trata-se de um conceito funcional. Com o peso corporal aumentado, ocorre uma diminuição da complacência respiratória, ou seja, o grau de expansão dos pulmões diminui (GUYTON e HALL, 2002) e assim o obeso pode apresentar uma mecânica ventilatória rápida e superficial, com subsequente falta de ar (OLIVEIRA, 2011).

Deste modo, o entendimento dos mecanismos de fadiga e das respostas fisiológicas associadas às diferentes durações e intensidades de exercícios são essenciais para uma correta elaboração das sessões de treinamento (GUYTON, 1988).

Nos últimos 50 anos, diversas técnicas foram desenvolvidas para a medida do oxigênio e do dióxido de carbono no sangue ou durante a respiração, com o intuito de verificar a adequação da oxigenação e da ventilação. A capnometria é a medida da pressão parcial de CO₂ na mistura gasosa expirada, medida em mmHg, kPa ou vol % (BRAZ, 1996) e utilizada em procedimentos anestésicos no monitoramento da ventilação. Devido à sua alta sensibilidade para identificar imediatamente a desconexão de componentes do sistema respiratório ou queda de pressão no indivíduo em processos cirúrgicos, esta técnica foi incorporada à utilização de *biofeedback* como meio de avaliação respiratória de indivíduos obesos ou com sobrepeso, a fim de estimulá-los ou induzi-los a exalar uma maior quantidade de CO₂, e deste modo melhorar indiretamente sua captação de O₂.

O procedimento mostrou-se um método seguro e confiável, com resultados expressivos quanto ao aumento na quantidade de CO₂ exalado e da frequência respiratória durante atividade aeróbia em esteira ergométrica.

1.1 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

A melhora do padrão motor através da realização de exercício aeróbio tem como objetivo diminuir o peso corporal total, promover uma melhora na função respiratória, seguida de aumento da força muscular e articular dos membros inferiores e superiores que tem interferência direta nos sinais sensoriais transmitidos ao centro respiratório no cérebro, responsável pelo aumento da ventilação alveolar, mantendo a difusão dos gases dentro dos padrões normais (SAMPAIO, 2001).

A utilização da expiração forçada durante o trabalho motor, em esteira ergométrica, visa proporcionar o desenvolvimento de uma maior captação de oxigênio, em função da maior demanda de esforço, fornecendo aos participantes uma possibilidade de readequação da mecânica ventilatória durante a ação motora.

Como proposta deste trabalho, a expiração forçada deverá promover um ajuste nos parâmetros de velocidade da atividade aeróbia, pois incidirá no aumento dos valores de frequência cardíaca, modificando a forma e a qualidade do movimento.

O método deve incutir no avaliado a capacidade de respirar mais e melhor, por desenvolver um padrão respiratório mais longo e contínuo, descartando a condição de respiração rápida e superficial. Os mecanismos utilizados para a estimulação motora foram o *biofeedback* (realimentação sensorial) que estimula a expiração forçada, através do acionamento de dispositivos de *leds* permitindo assim, o ajuste do esforço e, a capnometria como o método de medição da concentração de CO₂.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar se a estimulação de indivíduos obesos ou com sobrepeso aumenta a concentração de dióxido de carbono expirado durante a realização de exercícios aeróbios em esteira

ergométrica, através da expiração forçada, medidas por capnometria e orientados pelo *biofeedback*. Para isso desenvolveu-se um estímulo áudio visual para reorganizar a mecânica ventilatória desses indivíduos, mantendo a resposta de frequência cardíaca num nível de esforço adequado às suas condições físicas, readequando a ação motora de acordo com essas possibilidades físicas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- (a) Analisar o comportamento respiratório de indivíduos com padrão de peso normal e comparar com indivíduos obesos e com sobrepesos;
- (b) Comparar valores de pressão de CO₂ em ambos os grupos;
- (c) Direcionar o protocolo de treinamento aeróbio para indivíduos obesos ou com sobrepeso, a partir da expiração forçada.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está organizado em 5 capítulos. No primeiro capítulo, são descritas as motivações e justificativas, bem como os objetivos para a realização deste trabalho. O segundo capítulo aborda os conceitos e fundamentação teórica, apresentando a estrutura biomecânica e neurofisiológica da respiração, assim como da obesidade. A descrição do equipamento e todos os procedimentos aplicados encontram-se no terceiro capítulo. O quarto capítulo aborda os resultados e as discussões obtidas, assim como as medidas e as análises estatísticas. Finalmente, o quinto capítulo apresenta a conclusão do trabalho e as propostas para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta conceitos da fisiologia da respiração e seus mecanismos de funcionamento, com ênfase na fisiologia do exercício. Tais temas são fundamentais para a compreensão de como ocorre a melhora do desempenho motor e, deste modo, a melhora da aptidão física, discutindo-se tópicos como metabolismo energético, controle neuromuscular, controle cardiorrespiratório e condicionamento físico.

2.1 FISIOLOGIA DA RESPIRAÇÃO

O processo respiratório por definição tem a finalidade de fornecer oxigênio aos tecidos e remover o dióxido de carbono. O movimento de ar para dentro e para fora dos pulmões, processos de inspiração e expiração, caracterizam a ventilação (GUYTON e HALL, 2002).

As reações que liberam energia do corpo são mecanismos dependentes do uso de oxigênio. Esse por sua vez, quando mensurado durante a atividade física, fornece uma estimativa indireta, porém precisa da perda de energia, logo traduz a aptidão física do indivíduo (GUYTON e HALL, 2002).

A ventilação pulmonar funciona como um meio de manter uma concentração razoavelmente constante e favorável de oxigênio e gás carbônico. Traduz a entrada e saída de ar para dentro e para fora dos pulmões. A função do sistema respiratório é a de fornecer oxigênio aos tecidos e remover o gás carbônico (GUYTON, 1998). O volume total de ar movimentado voluntariamente representa a capacidade vital e essa varia consideravelmente com a dimensão e composição corporal, relacionada diretamente ao percentual de gordura corporal (McARDLE *et al.*, 2008).

A respiração num indivíduo obeso gasta mais energia para realizar qualquer trabalho motor devido ao excesso de tecido adiposo sobrecarregar o tecido muscular. Entende-se que este indivíduo tenha um maior consumo de oxigênio e menor eliminação de gás carbônico (SHENKMAN *et al.*, 1993; BUCKLEY, 1992).

A sensação de falta de ar durante o exercício está associada a concentrações arteriais muito altas de dióxido de carbono e íons H^+ . Essas substâncias excitam o centro respiratório responsável pelo aumento da frequência e da profundidade da respiração. Essa incapacidade na regulação das substâncias químicas está provavelmente relacionada aos baixos níveis de aptidão aeróbia e a uma musculatura ventilatória pouco condicionada (GUYTON e HALL, 2006).

Os principais músculos da inspiração são os do diafragma, responsável pelo movimento da caixa torácica para cima e para baixo, permitindo que esta se contraia e alongue, sendo innervado pelo nervo frênico e os músculos intercostais que subdividem-se em: inspiratórios que promovem a expansão dos pulmões, auxiliados por outros músculos como esternocleidomastóideo, denteados anteriores e escalenos (músculos acessórios), e os expiratórios que tracionam para baixo o gradil costal, sendo os retos abdominais, que “puxam” para baixo as costelas inferiores ao mesmo tempo que eles próprios e os demais músculos abdominais empurram o conteúdo abdominal para cima, em direção ao diafragma e, intercostais internos (DOUGLAS, 1999). A força e a resistência dos músculos respiratórios podem ser aumentadas através de programas de treinamento com exercícios (SAMPAIO, 2001). Trabalhos sobre mecânica ventilatória de Hill, Laghi e Tobin (2004) revelam que a fraqueza dos músculos respiratórios pode gerar complicações obstrutivas em vias aéreas devido à limitação na sustentabilidade da ventilação normal.

Como consequência da falta de oxigenação, o exercício físico acarreta fadiga dos músculos, inclusive dos músculos respiratórios, que apresentam pouca resistência, devido ao fato de estarem pouco condicionados, resultando em incapacidade de manter os níveis plasmáticos normais de hidrogênio (H^+) e gás carbônico (CO_2) (GUYTON e HALL, 2002). Essa interferência acarreta um padrão respiratório acelerado, superficial e ineficiente, com o indivíduo sentindo-se incapaz de ventilar uma quantidade suficiente de ar (GUYTON e HALL, 2002).

2.2 TROCAS GASOSAS

A medida mais importante da eficiência da respiração de uma pessoa é a ventilação alveolar, definida como a quantidade total de novo ar que chega aos

alvéolos por minuto (GUYTON, 1998). O ar alveolar é uma mistura de ar inspirado, de vapor de água das passagens respiratórias e de gás carbônico excretado pelo sangue. Como o oxigênio é continuamente absorvido pelo sangue, a concentração de ar alveolar é bem menor que a do ar atmosférico (GUYTON, 1998). Ao final de cada expiração, o ar alveolar não é totalmente renovado, mantendo-se uma porção de ar no interior dos alvéolos. A esse volume dá-se o nome de capacidade funcional residual (SAMPAIO, 2001).

O ar alveolar de modo contínuo difunde oxigênio para o sangue e gás carbônico (subproduto do metabolismo do oxigênio) que se difunde do sangue para os alvéolos (GUYTON, 1998).

O princípio físico em que consiste o processo respiratório é denominado difusão (GUYTON, 1998). Este é caracterizado pelo movimento das moléculas de oxigênio e gás carbônico que colidem entre si, pelas membranas dos alvéolos e capilares, em consequência dos gradientes de pressão parcial destes gases (SAMPAIO, 2001). O poder de penetração de um gás através da membrana respiratória, entre alvéolos e o sangue, é diretamente proporcional a sua pressão parcial, ou seja, quanto maior a pressão parcial do gás no alvéolo, maior será sua tendência a atravessar essa membrana para atingir o sangue (GUYTON, 1998). No ar atmosférico encontra-se O_2 , N_2 e CO_2 , entre outros. Cada um destes gases exercerá uma pressão independente dos demais, recebendo o nome de pressão parcial. A soma destas pressões parciais determina a pressão total da mistura (OLIVEIRA, 2011). Assim, a Lei de Henry, determina que o volume de gás dissolvido é proporcional à sua pressão parcial, ou seja, quanto maior for a concentração de O_2 ou CO_2 , na fase gasosa maior será o volume que entrará em solução (OLIVEIRA, 2011).

Ao nível do mar a pressão total é de 760 mmHg. O ar equivale a 21% de oxigênio, a pressão parcial de oxigênio no ar é de 159,6 mmHg (GUYTON, 1998). A tabela 1 compara a composição do ar atmosférico com a do ar alveolar.

Tabela 1- Pressões parciais dos gases respiratórios à medida que entram nos pulmões e deles saem (ao nível do mar) (GUYTON,1997).

	Ar atmosférico	Ar umidificado	Ar alveolar	Ar expirado
PN ₂ (mmHg)	597	563,4	596	566
PO ₂ (mmHg)	159	149,3	104	120
PCO ₂ (mmHg)	0,3	0,3	40	27
PH ₂ O (mmHg)	3,7	47	47	47
PTOTAL (mmHg)	760	760	760	760

Alguns fatores podem alterar a difusibilidade de um gás através da membrana respiratória: espessura da membrana, área de superfície da membrana, coeficiente de difusão do gás e gradiente de pressão. O coeficiente de difusão é um fator particular de cada gás e o grau de difusão através da membrana respiratória é aproximadamente igual ao da água (OLIVEIRA, 2011).

Uma vez que as trocas ocorrem em virtude das diferenças de pressão, entende-se o movimento do transporte de oxigênio dos alvéolos para os capilares pulmonares, em função de sua PO₂ ser maior naquele ponto, quando comparado aos capilares. Do mesmo modo, depois do O₂ ser metabolizado nas células, dá origem ao CO₂ que realiza o trajeto inverso e em virtude de seu maior valor se difunde do sangue para os alvéolos (GUYTON, 1998). Assim, se a intensidade de formação metabólica do CO₂ aumentar, sua concentração nos líquidos extracelulares também aumentará, e se houver um aumento da ventilação pulmonar, o CO₂ será eliminado dos pulmões, diminuindo sua quantidade nos líquidos extracelulares (GUYTON, 1998).

Durante o exercício, a capacidade de difusão aumenta porque os alvéolos e capilares dilatam ampliando a sua superfície (SAMPAIO, 2001), e também pelo aumento da capacidade da membrana respiratória transferir oxigênio para o sangue (GUYTON, 1998). Essas premissas, aliadas a elementos como comprimento dos vasos sanguíneos, número de hemácias, concentração de hemoglobina e área disponível para difusão (SAMPAIO, 2001), influenciam o processo das trocas gasosas.

2.3 CONTROLE DA VENTILAÇÃO CENTRO RESPIRATÓRIO

O mecanismo respiratório é involuntário e controlado pelo sistema nervoso. O centro respiratório localiza-se no bulbo e é responsável pelos movimentos de inspiração e expiração, bem como pela frequência respiratória e intensidade dessa frequência. Em média, a cada cinco segundos produz-se um impulso nervoso que estimula a contração da musculatura torácica e do diafragma, provocando a inspiração. Durante o repouso, o processo respiratório é sensível às alterações químicas e a ventilação pode variar em função da temperatura, das variações de pressão parcial de O_2 e CO_2 e pela quantidade de íon H^+ arterial, com o intuito de manter a homeostase do sangue (SAMPAIO, 2001).

Quando diminui a concentração de oxigênio no sangue e aumenta a concentração de dióxido de carbono, aumenta a frequência respiratória, devido aos receptores químicos, situados na parede da aorta e artéria carótida, estimularem o bulbo e esse, por sua vez, desencadear a aceleração do ritmo respiratório (GUYTON, 1998). Durante os exercícios, a excitação do centro respiratório é muito aumentada pela liberação do CO_2 , com subsequente elevação da acidez no sangue, gerando maior estimulação do bulbo e este, por sua vez, dos movimentos respiratórios. Este mecanismo ocorre pela excitação de proprioceptores articulares e musculares que transmitem impulsos excitatórios ao centro respiratório (GUYTON, 1998), a fim de aumentar a ventilação. Dentre os mais poderosos estimuladores que atuam no centro respiratório destacam-se as concentrações aumentadas de gás carbônico e íons hidrogênio (GUYTON, 1998), pois ambos atuam sobre a área quimiossensível do bulbo raquidiano (GUYTON, 1998). Embora ambos sejam excelentes estimuladores do centro respiratório, a permeabilidade do gás carbônico com a membrana celular é maior, e portanto quando em excesso, aumenta de forma imediata no interior das células neuronais excitando os neurônios quimiossensíveis (GUYTON, 1998). Essa concentração aumentada provoca uma ventilação aumentada fazendo com que os pulmões eliminem maiores quantidades de gás carbônico, permitindo que essa concentração mantenha-se dentro dos valores normais. Esse processo de autorregulação é extremamente importante, pois o gás carbônico é o produto final de quase todas as reações metabólicas e, neste caso, se esta concentração de

CO₂ se mantivesse aumentada, teria como resultado a parada de praticamente todas as reações metabólicas do corpo (GUYTON, 1998).

Não há a necessidade de que ocorram alterações nos gases sanguíneos para que a respiração seja estimulada durante os exercícios. Os estímulos chegam ao centro respiratório por meio de duas vias: simultaneamente o córtex cerebral transmite sinais para os músculos em exercício, e para o centro respiratório aumentando a frequência e amplitude da respiração. Assim, o movimento dos membros em movimento e o córtex cerebral são responsáveis pelo aumento da ventilação durante o exercício (GUYTON, 1998).

A musculatura age alterando a caixa torácica de posição. Como resultado dessa alteração tem-se as pressões pulmonares que, por sua vez, permitem a inspiração e a expiração. Os músculos são comandados pelo centro respiratório no sistema nervoso central (SNC), o tronco cerebral. Além da ação de neurônios efetores, tem-se alterações humorais regulando a ação da musculatura respiratória (DOUGLAS, 1999).

Como a respiração normal é realizada apenas pela contração dos músculos inspiratórios, os neurônios expiratórios estão quase sempre inativos na respiração normal. Porém, quando o estímulo respiratório é maior que o normal, como durante exercício intenso, estes sinais atingem a área expiratória, determinando que o ar não seja apenas puxado pelos músculos inspiratórios, mas também empurrado para fora pelos músculos expiratórios (GUYTON, 1998).

Os volumes e capacidades pulmonares variam de pessoa para pessoa e também sofrem alterações fisiológicas e patológicas (SAMPAIO, 2001).

2.4 SISTEMA CARDIOVASCULAR NO EXERCÍCIO

A resultante final da função cardiovascular durante o exercício é fornecer oxigênio e outros nutrientes aos músculos (GUYTON, 1998). A frequência com que o coração se movimenta, varia de acordo com a idade e a situação emocional (BARROS, 2012).

As alterações mecânicas promovidas no coração ocorrem através do ciclo cardíaco. Este ciclo é uma sequência completa de sístoles e diástoles das câmaras do coração (SAMPAIO, 2001). Deste modo, quanto melhor a condição

física do indivíduo, mais baixa tenderá a ser sua frequência cardíaca em repouso (WILMORE e COSTILL, 2005).

O controle cardiorrespiratório da frequência cardíaca é feito por uma região específica, formada por um aglomerado de células musculares especializadas, denominada nódulo sinoatrial ou marcapasso (SAMPAIO, 2001). A cada segundo, essas células geram biopotenciais que se propagam diretamente para a musculatura dos átrios provocando sua contração (GUYTON, 1997).

A quantidade de sangue bombeada por minuto pelo coração é denominada débito cardíaco (SAMPAIO, 2001). Este relaciona-se com o volume de sangue bombeado por batimento e com a frequência cardíaca. O maior esvaziamento do ventrículo esquerdo resulta do aumento do volume de ejeção, que apresenta níveis máximos durante o exercício (WILMORE e COSTILL, 2005). A frequência cardíaca aumenta linearmente quando ocorrem aumentos na carga de trabalho e no $VO_{2máx}$. Por definição o $VO_{2máx}$ é o maior valor de O_2 por unidade de tempo que um indivíduo consegue captar respirando ar atmosférico durante o exercício, sendo estimado quando alcança níveis máximos de débito cardíaco e de extração periférica de O_2 , não conseguindo ultrapassá-lo com maior carga de trabalho muscular (McARDLE *et al.*, 2008). O $VO_{2máx}$ é a capacidade do organismo para captar oxigênio (processo respiratório), transportá-lo (sistema cardiovascular) e utilizá-lo (sistema muscular) na mais árdua atividade física que ele suporta. Quanto maior o $VO_{2máx}$ de um indivíduo mais apto e melhor condicionado este se apresenta (SAMPAIO, 2001).

Assim o $VO_{2máx}$ é medido em ml/kg/min, unidade que expressa a quantidade de O_2 em mililitros por quilograma de massa corporal em minutos de tempo, indicando de acordo com a idade da pessoa, o nível ou estado de aptidão física que a mesma se encontra, variando de acordo com a genética, a taxa de gordura e o volume muscular. Deste modo, pode-se afirmar que quanto mais próximo ou dentro da escala predita para a idade os valores de $VO_{2máx}$ estiverem, mais apto ou fisicamente condicionado este indivíduo se encontra, permitindo uma prescrição de treinamento mais precisa quanto à intensidade do treinamento (McARDLE *et al.*, 2008).

Deste modo, aumentos no débito cardíaco durante o exercício se devem a aumentos no volume de ejeção e à frequência cardíaca (SAMPAIO, 2001).

Assim, as principais alterações circulatórias durante o exercício vinculadas ao rendimento envolvem o aumento do débito cardíaco, ou seja, da quantidade de sangue bombeado pelo coração, e a redistribuição do fluxo sanguíneo, que atinge os músculos esqueléticos ativos e se afasta dos órgãos inativos (SAMPAIO, 2001).

2.5 CONDICIONAMENTO FÍSICO

O exercício físico faz parte do cotidiano dos seres humanos desde os primórdios da sua existência (POLLOCK e WILMORE, 1993). Um estilo de vida saudável melhora a qualidade de vida. Um aumento da atividade física total em intensidades baixas a moderadas está associado a uma redução do risco de doença cardíaca. A atividade física vigorosa regular aumenta a capacidade cardiorrespiratória (HOWLEY e FRANKS, 2000).

Para se entender o termo condicionamento físico que trata o estado geral da pessoa, é necessário caracterizar os termos relacionados ao conceito e suas variáveis: atividade física, aptidão física, saúde e qualidade de vida.

A literatura apresenta diversos conceitos. Shephard e Balady (1999) definem atividade física como “qualquer movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos que resultem em gasto energético, não se preocupando com a magnitude desse gasto de energia”. Estes autores diferenciam atividade física e exercício físico a partir da intencionalidade do movimento, considerando que o exercício físico é um subgrupo das atividades físicas, que é planejado, estruturado e repetitivo, tendo como propósito a manutenção ou a otimização do condicionamento físico (ARAUJO e ARAUJO, 2009). Para Guedes (1996), a aptidão física é definida como “um estado dinâmico de energia e vitalidade que permite a cada um não apenas a realização das tarefas do cotidiano, as ocupações ativas das horas de lazer e enfrentar emergências imprevistas sem fadiga excessiva, mas, também, evitar o aparecimento das funções hipocinéticas, enquanto funcionando no pico da capacidade intelectual e sentindo uma alegria de viver.” Já para Bouchard *et al.* (1990), o conceito de saúde esclarece que “não

se caracteriza apenas como um estado de ausência de doenças nos indivíduos, mas como um estado geral de equilíbrio no indivíduo, nos diferentes aspectos e sistemas que caracterizam o homem biológico, psicológico, social, emocional, mental e intelectual, resultando em sensação de bem estar.”

A qualidade de vida de uma pessoa não pode ser simplesmente definida como a ausência de doenças. Um dos fatores importantes para a prevenção e tratamento de doenças e manutenção da saúde, está numa boa condição física, tópico importante para a melhoria da qualidade de vida das pessoas. De acordo com Rufino Netto (1994) “considero como qualidade de vida boa ou excelente aquela que ofereça um mínimo de condições para que os indivíduos nela inseridos possam desenvolver o máximo de suas potencialidades, sejam estas: viver, sentir ou amar, trabalhar, produzindo bens e serviços, fazendo ciência ou artes. Falta o esforço de fazer da noção um conceito e torná-lo operativo.” Para Olga Matos (1999) “Quanto mais aprimorada a democracia, mais ampla é a noção de qualidade de vida, o grau de bem estar da sociedade e de igual acesso a bens materiais e culturais.” Auquier *et al.* (1997) a qualificam “como um conceito equívoco como o de inteligência, ambos dotados de um senso comum variável de um indivíduo ao outro.” Martin e Stockler (1998) sugerem que “qualidade de vida seja definida em termos da distância entre expectativas individuais e a realidade (sendo que quanto menor a distância, melhor).”

Estudos propõem que a prática regular de atividade física e uma maior aptidão física estão associadas a uma menor mortalidade e melhor qualidade de vida em população adulta (ACSM, 1998). Muitos trabalhos científicos destacam que o sedentarismo e o estresse são responsáveis por doenças hipocinéticas e reduções na qualidade de vida (REJESKI *et al.*, 1996). Existem cada vez mais dados demonstrando que o exercício, a aptidão e a atividade física estão relacionados com a prevenção, com a reabilitação de doenças e com a qualidade de vida (FAHEY *et al.*, 1999).

Na prescrição de treinamento físico com o objetivo de obter algum efeito fisiológico de treinamento, seja na melhora do condicionamento físico ou na prevenção e tratamento de doenças, deve-se levar em consideração quatro princípios básicos. O primeiro é o princípio da sobrecarga, que preconiza que, para haver uma resposta fisiológica ao treinamento físico, é necessário que esse

seja realizado numa sobrecarga maior do que a que se está habituado, a qual pode ser controlada pela intensidade, duração e frequência do exercício. O segundo é o princípio da especificidade, que se caracteriza pelo fato de que modalidades específicas de exercício desencadeiam adaptações específicas que promovem respostas fisiológicas específicas. O terceiro é o princípio da individualidade, pelo qual deve-se respeitar a individualidade biológica de cada indivíduo na prescrição de um determinado programa de exercícios, pois a mesma sobrecarga e modalidade de exercício irá provocar respostas de diferentes magnitudes em diferentes indivíduos. O quarto e último princípio é o princípio da reversibilidade, que se caracteriza pelo fato de que as adaptações fisiológicas promovidas pela realização de exercício físico retornam ao estado original de pré treinamento quando o indivíduo retorna ao estilo de vida sedentário (MCARDLE, KATCH e KATCH, 1998).

2.6 CONCEITO DE OBESIDADE

Obesidade é uma doença crônica caracterizada pelo excesso de gordura corporal, que causa prejuízos à saúde do indivíduo (MS, 2012). Foi incluída pela OMS no grupo das doenças crônicas que podem levar à morte.

As consequências do aumento significativo de peso vinculado ao sedentarismo levam quase sempre ao desenvolvimento das doenças crônicas degenerativas. Essa doença tem sido classificada como uma desordem primariamente de alta ingestão energética. No entanto, evidências sugerem que grande parte da obesidade é mais devida ao baixo gasto energético que ao alto consumo de comida (CIOLAC e GUIMARÃES, 2004). O avanço tecnológico e a rotina acelerada promovem um quadro de hipocinesia e a pouca quantidade de movimento aliado a uma alimentação inadequada, dificultam ou pioram os distúrbios vinculados ao aumento de peso.

Atividade física e alimentação saudável são a chave para a perda de peso, melhora da capacidade física e controle de doenças. Por essas razões, o relatório do Cirurgião Geral dos EUA enfatizou a necessidade de se aumentar a atividade física dos americanos, tendo considerado a inatividade física como o maior fator de risco para a saúde populacional (JOHNSON, 1996).

A classificação para diagnosticar a obesidade em adultos comumente é realizada a partir do IMC ou Índice de Quetelet (Índice de Massa Corporal), dado pela equação 1: (OMS,1995 e 1997).

$$\text{IMC} = \text{massa/altura}^2 \text{ (kg/m}^2\text{)} \quad (1)$$

A classificação adaptada pela Organização Mundial de Saúde (OMS), apresentada na tabela 2, baseia-se em padrões internacionais desenvolvidos para pessoas adultas descendentes de europeus.

Tabela 2- Classificação adaptada pela Organização Mundial de Saúde (OMS), do Índice de Massa Corporal, baseada em padrões internacionais desenvolvidos para pessoas adultas descendentes de europeus. (OMS, 1995).

Classificação	IMC (kg/m²)	Risco de comorbidades
Baixo Peso	< 18,5	Baixo
Peso Normal	18,5 – 24,9	Médio
Sobrepeso	> ou= 25	---
Pré Obeso	25 a 29,9	Aumentado
Obeso I	30 a 34,9	Moderado
Obeso II	35 a 39,9	Grave
Obeso III	> ou = 40	Muito Grave

Embora o IMC seja um bom indicador, possui algumas limitações, pois não distingue massa gordurosa de massa magra, subestimando idosos em função da perda de massa magra e superestimando indivíduos musculosos. Não reflete a distribuição de gordura corporal, ou seja, não reflete a quantidade de gordura visceral, importante indicativo de risco potencial para doenças (ABESO, 2010).

Interagindo com a caracterização média do IMC faz-se importante incluir outro método como meio de definir a classificação. Outra forma de avaliar a massa gordurosa e sua distribuição é através da medição da espessura de pregas cutâneas, pois mensura as gorduras localizadas nos depósitos debaixo da pele e a gordura interna ou a densidade corporal (ABESO, 2010).

Entre a grande quantidade de efeitos da obesidade, essa tem mostrado um impacto sobre a função respiratória, e conseqüentemente sobre a eficácia de exercícios físicos (DREHER, 2012). O reflexo da respiração num indivíduo

caracterizado como obeso é determinante nas variáveis que incidem sobre o desenvolvimento de qualquer trabalho motor. Como esse indivíduo naturalmente gasta mais energia para realizar qualquer ato motor devido ao excesso de tecido adiposo que sobrecarrega o tecido muscular, caracteriza-se deste modo, que este tenha um maior consumo de oxigênio e menor eliminação de gás carbônico (SHENKMAN *et al.*, 1993; BUCKLEY, 1992). Com o peso corporal aumentado, ocorre uma diminuição da complacência respiratória, ou seja, o grau de expansão dos pulmões diminui (GUYTON e HALL, 2002) e assim o obeso pode apresentar uma mecânica ventilatória rápida e superficial, com subsequente falta de ar (OLIVEIRA, 2011).

Para dissolver ou reverter esse processo, a precisão e correta elaboração de um programa de treinamento físico para indivíduos obesos ou com sobrepeso é fundamental para adesão a uma rotina de treinamentos, meio que permite uma melhora na sua qualidade de vida. Nesses indivíduos é comum a carga de treinamento oscilar entre o estímulo insuficiente e o excesso, ocasionando em desmotivação e desistência destes, devido aos programas subestimarem ou superestimarem suas potencialidades (BARROS, 2013). Os benefícios da atividade física sobre a obesidade podem ser alcançados com intensidade baixa, moderada ou alta, indicando que a manutenção de um estilo de vida ativo, independente de qual atividade praticada, pode evitar o desenvolvimento dessa doença (CIOLAC e GUIMARÃES, 2004).

Como existe um estigma social em relação a essas condições, o profissional deve ser simpático e paciente, de modo a facilitar o trato e o desenvolvimento das atividades propostas (SAMPAIO, 2001).

De acordo com Dukan (2012), “O obeso que emagreceu vitorioso, sabe por instinto, que não tem o poder de conservar sozinho e sem enquadramento o fruto de seu esforço. Ele também sabe que, sem orientação, tornará a ganhar peso, primeiro lentamente, depois mais rápido, e com o mesmo extremismo que antes ele havia conseguido emagrecer”.

A etiologia da obesidade é complexa e multifatorial, resultando da interação de genes, ambiente, estilos de vida e fatores emocionais. Sintomas de estresse como ansiedade, depressão, nervosismo e o hábito de se alimentar quando problemas emocionais estão presentes, são comuns em pacientes com sobrepeso ou obesidade, sugerindo relação entre estresse e obesidade. O

estresse pode ser uma consequência da obesidade devido a fatores sociais, como a discriminação (ABESO, 2010).

2.7 BIORREALIMENTAÇÃO (*BIOFEEDBACK*) SENSORIAL

É um método de treinamento utilizado para desenvolver a consciência motora, através do controle do ato motor, fornecendo ao indivíduo a habilidade de modificar um sistema ou função, inibindo a resposta simpática reflexa.

O sistema autonômico simpático, em resposta aos barorreceptores e quimiorreceptores, sinalizam o trato respiratório para aumentar o tônus, contraindo, involuntariamente a musculatura inspiratória. A resposta reflexa simpática, enfim, dificulta o controle expiratório e a troca gasosa dos tecidos (DEL PASO e GONZÁLEZ, 2004).

A baixa troca gasosa promove a lesão tecidual e desregula a homeostase, o equilíbrio entre a irrigação tecidual e a nutrição celular.

De acordo com Peper (2013), o *biofeedback* é um treinamento ou tratamento para aprender a desenvolver a consciência e o controle das funções corporais. Esta informação é uma resposta dada ao praticante (*feedback*) para aprender a controlar o corpo com o intuito de melhorar o desempenho e a saúde.

A resposta sensorial involuntária, tal como o aumento do tônus, pode ser voluntariamente condicionado com estimulação audiovisual no aprendizado motor (SILVA, 2000).

Muitos experimentos sugerem que a ativação dos fatores neurogênicos responsáveis pela estimulação do centro respiratório durante o exercício seja uma resposta aprendida, ou seja, com exercícios repetidos o cérebro torna-se progressivamente mais apto a emitir a quantidade apropriada de sinais necessários para manter os níveis normais dos fatores químicos sanguíneos (GUYTON, 1998).

O treinamento e a reabilitação com o uso de sobrecarga podem estimular uma plasticidade no cérebro e na medula espinhal e até mesmo a neurogênese, melhorando os resultados do comportamento, assim como, o treinamento sensorio motor intenso parece funcionar de maneira “neuroprotetora” durante o processo de degeneração lenta dos neurônios do sistema nervoso central (HIRSCH *et al.*, 2003).

Um estudo realizado com portadores de Doença de Parkinson (em período de administração ativa da medicação) utilizou estímulos visuais, sonoros e instrucionais para superar seus transtornos com relação à marcha em linha reta. Relatou-se que os portadores da DP (Doença de Parkinson) com hipocinesia podem aumentar o tamanho e a velocidade dos seus movimentos, através do uso do *biofeedback* usando áreas corticais frontais do cérebro (e talvez o cerebelo) para contornar os defeitos do gânglio basal (REIS, 2009).

Em outro experimento, a técnica de indução utilizada foi a Binaural Beats, que consiste em aplicar uma determinada frequência num ouvido e outra no outro. O intuito é fazer com que o cérebro atribua a diferença entre as frequências, e capte somente esta. Em virtude da característica eletroquímica do cérebro, tais disparos, de acordo com Heinrich Wilhelm Dove (1939), tem a capacidade de formatar as ondas cerebrais de modo que assumam a mesma frequência imposta por *flashes* de luz e batidas sonoras (FRANÇA, 2008). Ainda de acordo com o estudo, a técnica pode ser utilizada para diagnóstico de epilepsia, tumores ou até no tratamento de depressão.

Há um experimento similar ao uso do *biofeedback* com os obesos que auxiliou na correção do equilíbrio através do aumento da pressão sobre os calcanhares de crianças com pé equino. Essa alteração motora determina a perda da coordenação entre o movimento do tornozelo e a sensibilidade de peso na região retro podálica dos pés durante a marcha (GOMES, 2011). Através do uso do *biofeedback*, as informações áudio visuais promoveram um oscilação de carga sobre os pés, ensinando a criança a apoiar o calcanhar favorecendo o treinamento de percepção do equilíbrio. A metodologia utilizada avaliou 10 crianças em 10 sessões, orientando-as a alinhar os pés e pressionar os calcanhares, a partir da realimentação áudio visual. A técnica além de ser não invasiva, dispensa a utilização de medicamentos e diminui o tempo de reabilitação (GOMES, 2011).

Partindo da premissa do que um comportamento involuntário e fisiológico pode ser treinável e melhorado, utilizou-se o *biofeedback* neste trabalho, como meio de conscientizar o voluntário obeso ou sobrepeso da necessidade de inspirar uma quantidade suficiente de ar durante a realização do ato motor, para ser possível, através da expiração forçada, acionar o dispositivo de luzes e batidas sonoras, condicionando sua respiração.

De acordo com a física, o som é caracterizado como vibrações mecânicas que se propagam através do ar, comprimindo-o por certo período de tempo (BEAR *et al.*, 2002). Já a visão começa quando a luz penetra no olho. A luz é uma energia/matéria eletromagnética que está dentro do campo de percepção visual. Ela é uma forma de energia que necessita ser produzida, seja por um astro, uma lâmpada ou por compostos químicos (BEAR *et al.*, 2002). Assim, as informações impostas ao cérebro são recebidas no tálamo, estrutura responsável por receber e filtrar os estímulos externos e, através da excitação de proprioceptores articulares e musculares, os impulsos excitatórios são transmitidos ao centro respiratório (GUYTON, 1998), a fim de aumentar a ventilação.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE ESTUDO

Ensaio clínico de uso controlado com o objetivo de testar a eficácia clínica de uma nova intervenção (MATTHEWS,1995). Utilização de capnometria como meio de quantificar a concentração de CO₂ exalado durante atividade aeróbia em esteira ergométrica e, através de *biofeedback*, estimular e induzir o voluntário obeso ou com sobrepeso a inspirar uma quantidade suficiente de ar durante a realização do ato motor para ser possível, através da expiração forçada, condicionar o trato respiratório. A condução da execução da tarefa motora foi medida através da frequência cardíaca.

3.2 LOCAL

Academia Ph.d Sports, situada na Av. Silva Jardim, nº 979. CEP: 80230-000. Curitiba/PR.

3.3 AMOSTRAGEM

Após o referencial teórico desenvolvido na pesquisa, o qual foi aprovado pelo Comitê de Ética da UTFPR, os voluntários foram convidados por meio de carta convite na academia citada, informando-os dos procedimentos, que atenderam às diretrizes no que se refere ao consentimento, ao sigilo e ao anonimato, benefícios e propriedade intelectual, de acordo com o Conselho Nacional de Saúde (CNS) e Ministério da Saúde do Brasil (MS, 1996) e assinaram o termo de consentimento (APÊNDICE A).

Foram admitidos para o estudo participantes do sexo feminino e/ou masculino, com idade entre 20 e 55 anos, que se enquadraram na classificação de avaliação física, por aferição das dobras cutâneas e que apresentaram os respectivos percentuais de gordura acima do ideal, com valores entre 25% a 35% para mulheres e de 15% a 25% para homens. Simultaneamente a isso, foram também realizadas avaliações cardiorrespiratórias que estabeleceram o nível de

aptidão inicial dos participantes. O teste ergométrico realizado foi de caráter submáximo, desenvolvido a partir do protocolo de Astrand para cicloergômetros (ACSM, 2000). O protocolo avalia o VO_2 submáximo dos participantes, em bicicleta ergométrica, por um período de 5 minutos e tem o intuito de revelar a aptidão inicial dos envolvidos.

Depois das avaliações realizadas, os voluntários foram distribuídos, em dias alternados e de acordo com a própria disponibilidade, para coleta das sessões aeróbias. Essas sessões foram sempre realizadas no período da tarde ou à noite, com intervalo máximo de 2 horas e mínimo de 1h após a última refeição. Os voluntários deviam vestir roupas confortáveis e estarem usando tênis. A cada participante foi cedida uma máscara para a coleta dos dados. Essa máscara foi guardada nominalmente e ao término de cada sessão era esterilizada. Para a esterilização colocavam-se todas as máscaras utilizadas no dia, num recipiente com 1L de água limpa para 1 colher de sopa de água sanitária, mantendo-as submersas por 5 minutos, conforme recomendações do fabricante. Depois de terminado o processo, as máscaras eram secadas com pano limpo e guardadas nominalmente em potes plásticos.

O protocolo de execução não excedeu 20 minutos ininterruptos de coleta e os dados foram digitalizados por meio de um microprocessador. Todo o processo ocorreu em 12 sessões, período considerado necessário para a adaptação neuromuscular ao estímulo (MEDEIROS, 2009).

Foram avaliados 12 participantes voluntários previamente caracterizados como obesos ou com sobrepeso, de acordo com a avaliação física desenvolvida, perfazendo o grupo de estudos e 6 voluntários como controle, também caracterizados da mesma forma e estando ambos os grupos aptos a participar. Os testes aconteceram na academia e foram realizados em esteira ergométrica RT250, da marca Moviment, com velocidade compatível e correspondente a 65% da frequência cardíaca máxima (FCM) de acordo com a idade de cada indivíduo. Os voluntários utilizaram uma máscara acoplada aos circuitos que realizavam a leitura e coleta dos dados, sendo esses: capnômetro e *Spirofeed*, equipamento de *biofeedback*. Estes foram responsáveis pela medição da pressão parcial de CO_2 e pela resposta de *biofeedback*, respectivamente. O equipamento foi projetado, desenvolvido e calibrado com ar comprimido em

Laboratório da UTFPR. A figura 1 mostra o equipamento de *biofeedback*, conectado à máscara e ao capnômetro.



Figura 1- Foto do *Spirofeed* que fornece a resposta de *biofeedback*, acoplado à máscara e ao capnômetro que mede a concentração de CO₂.

Fonte: Própria.

O local da coleta aeróbia foi isolado das demais esteiras para minimizar o acesso de outras pessoas e permitir ao avaliado concentrar-se na ação motora. Assim, encontrava-se somente o aparato relativo à coleta no local, ou seja, esteira, equipamentos e voluntário, sem interrupções ou influências externas, conforme ilustrado nas figuras 2 e 3, respectivamente:



Figura 2- Isolamento do local da coleta aeróbia. Visão do voluntário.

Fonte: Própria.



Figura 3- Isolamento do local da coleta aeróbia. Visão externa.

Fonte: Própria.

3.4 EQUIPAMENTO DE *BIOFEEDBACK (SPIROFEED)*

O projeto, construção, assim como os testes clínicos com o equipamento foram realizados pelos bolsistas Diego Teixeira e Fávero Guilherme dos Santos, de iniciação científica do curso de Engenharia Elétrica da UTFPR. Este capítulo limita-se à descrição técnica do equipamento e seus componentes eletrônicos.

O desenvolvimento do *Spirofeed* contempla o projeto de *hardware*, *firmware* e *software*. Dessa maneira, diferentes seções do projeto podem ser identificadas, como aquelas relacionadas a circuitos eletrônicos, periféricos do microcontrolador e programação de *firmware* e *software*.

A metodologia utilizada foi separar cada seção em um bloco específico, projetá-lo e testá-lo. Após todos os blocos apresentarem o funcionamento desejado, estes foram integrados. Verificam-se na figura 4, os blocos utilizados na construção desse equipamento. Nesse diagrama observam-se duas divisões, a primeira relativa ao *hardware* e *firmware* projetados, e a segunda, relativa ao *software* computacional. Quanto à primeira, a entrada do sistema consiste em um microfone de eletreto. É realizada a transdução do esforço pulmonar em sinal elétrico. Esse sinal, por sua vez, é filtrado e amplificado, de forma que o sinal resultante seja apropriado para a quantificação via conversão analógica para digital. Através da análise do sinal quantificado é possível atualizar o *status* dos periféricos de *feedback*, o *display* alfanumérico, a barra de *leds* e o *buzzer*. Outra utilização do sinal quantificado reside na conveniência da transmissão e armazenamento em forma serial dos dados para a interface de memória, nesse caso, um cartão SD. Quanto à segunda divisão, o *software* programado processa os dados salvos no cartão tornando-os, assim, legíveis para o operador.

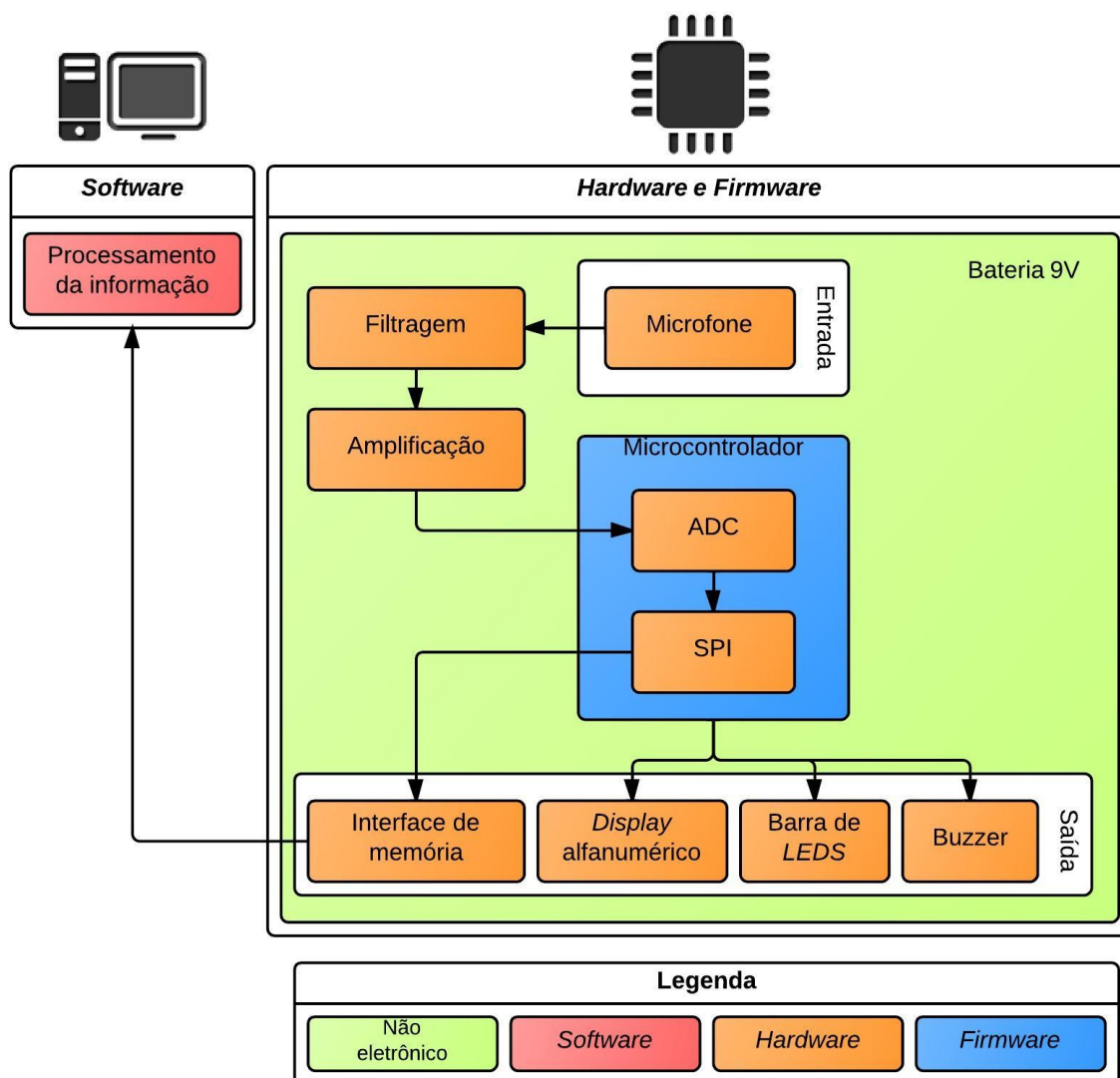


Figura 4- Diagrama em blocos do SpiroFeed.

O *SpiroFeed* possui um único modo de operação, que consiste em ligar o equipamento e esperar sua inicialização. A inicialização operacional consiste na apresentação de mensagens no LCD, *display* de cristal líquido e inicialização da barra de *leds*. A partir desse momento, o usuário pode começar a assoprar. O *feedback* do aparelho é baseado em três formas distintas, todas proporcionais ao esforço pulmonar do usuário: 1) Quantidade de *leds* acesos na barra de *leds*, 2) tamanho da barra gráfica no LCD e 3) frequência do som no *buzzer*. Os dados do esforço do usuário foram gravados, a partir do acionamento do botão “*” no teclado do *SpiroFeed*, conforme mostra a figura 5.



Figura 5- Teclado do *Spirofeed* com botão de acionamento de gravação "*" do esforço do usuário.
Fonte: Própria.

As amostras coletadas foram salvas em um arquivo chamado *amostras.txt* no cartão SD. Com esse arquivo o operador utiliza o *software* para processar as amostras e criar um arquivo *amostras.xml*, editável no Excel. Nos tópicos seguintes são discutidos o projeto e implementação do *hardware*, *software* e *firmware* do *SpiroFeed*.

3.4.1 HARDWARE

Para a realização do projeto elétrico do *SpiroFeed*, dois *softwares* foram utilizados: Multisim e Ultiboard. Os dois compõem o pacote de solução para composição de circuitos elétricos da National Instruments.

O *software* Multisim é um EDA (automação de design eletrônico) dedicado à composição e simulação de esquemas elétricos. Muito embora possua uma interface simples, é um programa capaz de desempenhar robustamente seu objetivo.

O Ultiboard, por sua vez, executa o roteamento de placas de circuito impresso e gerenciamento de *footprints*. Tal como o Multisim, conta com uma interface simples e intuitiva. Uma das vantagens de se utilizar esse par de programas é que os esquemáticos gerados no Multisim podem ser facilmente importados pelo Ultiboard.

Para a programação, testes e debug do *firmware* programado, utilizou-se o *kit* MSP-FET430U64. Este *kit* apresenta interface JTAG (*Joint Test Access Group*- Grupo Misto de Teste de Acesso), utilizada na programação e teste de circuitos digitais, e uma placa com um soquete para MSPs de 64 pinos. A imagem do kit pode ser vista na figura 6.



Figura 6- *Kit* de desenvolvimento MSP-FET430U64. A caixa branca é a interface JTAG. A placa é um soquete de inserção de programação do microcontrolador.

3.4.2 ALIMENTAÇÃO E REGULADORES

Para a alimentação do circuito, foi utilizada uma bateria 9 V. Essa solução deve-se ao requisito de portabilidade do projeto. Muito embora a bateria forneça essa tensão por cerca de 10 horas, essa tensão não é aquela utilizada para alimentar os componentes eletrônicos do projeto. Dessa maneira, adicionou-se ao projeto reguladores de tensão.

Os reguladores utilizados foram o LM7805, para 5V e o LM317 para 3,3 V. Como o circuito de amplificação de sinal de entrada utiliza amplificadores operacionais de alimentação simétrica, também foi necessária a tensão -5 V no circuito. Para tanto, utilizou-se o circuito integrado LM7660. Na figura 7 verifica-se os circuitos implementados.

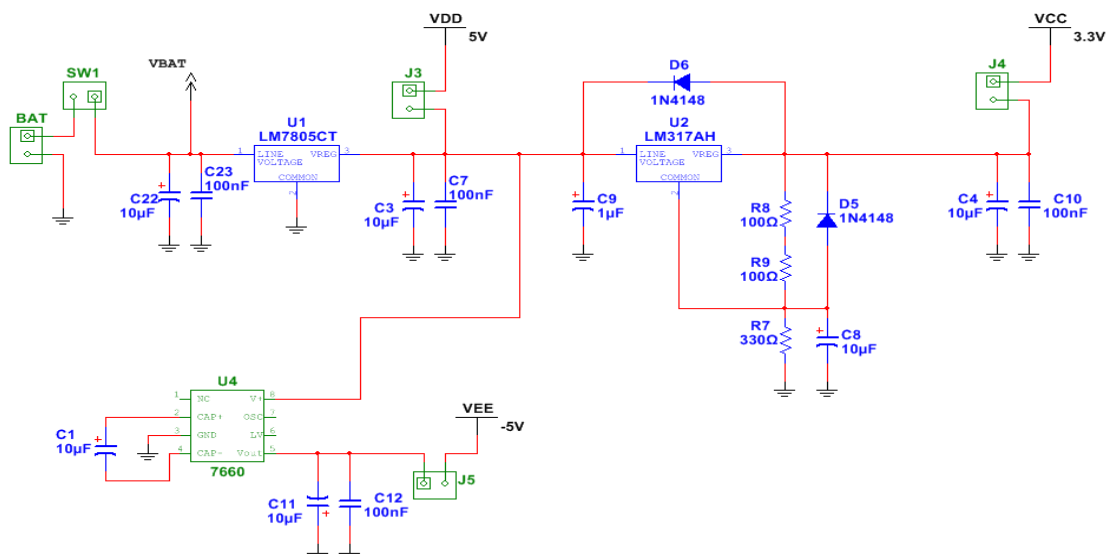


Figura 7- Esquema elétrico do circuito regulador de tensão.

3.4.3 TRATAMENTO DO SINAL ANALÓGICO DE ENTRADA

Para o tratamento do sinal de entrada, optou-se pelo amplificador operacional TL074. O circuito completo é composto por dois estágios: o primeiro por um amplificador inversor com ganho variável (ajustável por potenciômetro, no qual o operador pode ajustar a sensibilidade do sinal de entrada) e o segundo por um amplificador inversor com ganho fixo e detector de envoltória, sendo a envoltória do sinal do microfone de eletreto que indica qual a intensidade do assopro. O valor da frequência sintonizada da envoltória pode ser determinado pelo valor do resistor R10 e dos capacitores C13 e C14 (10 kΩ, 47 μF e 100 nF, respectivamente) e utilizando-se da equação 2.

$$f = 1 / 2\pi RC \quad (2)$$

Onde:

f: Frequência de corte do filtro;

R: Valor da resistência do resistor;

C: Valor da capacitância do capacitor;

Assim, para o circuito, $f = 3\text{Hz}$.

Desse modo, é possível afirmar que sinais com frequência superior a 3Hz são filtrados, enquanto o nível DC (envoltória do sinal de voz) mantém-se intacto.

Por fim, para limitar o sinal de 0 V até 3,0 V, um diodo zener (BZX84-C3V0) é acoplado em paralelo ao sinal de entrada ao microcontrolador. A figura 8 apresenta o circuito implementado.

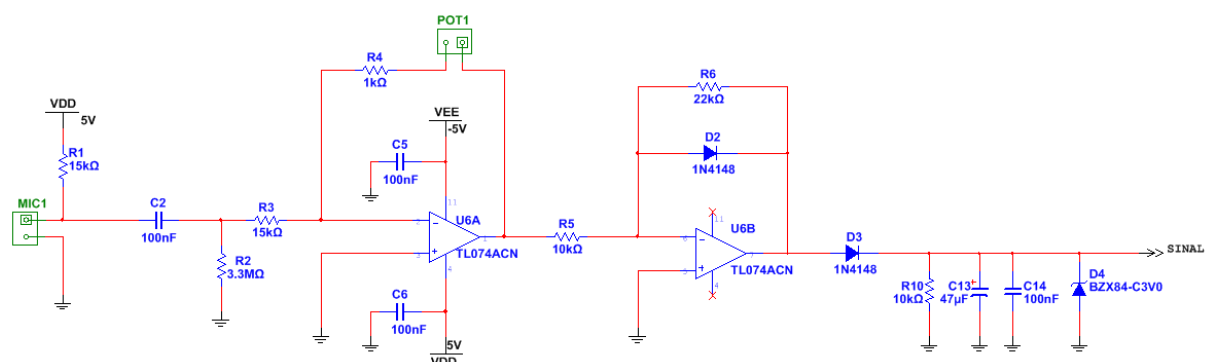


Figura 8- Tratamento do sinal analógico de entrada.

3.4.4 MICROCONTROLADOR

Observando-se a necessidade de um projeto de baixo consumo, o microcontrolador escolhido foi o MSP430F1611. Esse microcontrolador com um conjunto de instruções reduzido de 16 bits é capaz de operar com alimentação de 3,3 V em até 16 MHz (TII, 2012). Sua corrente para o modo ativo é tipicamente de 330 μ A (*clock* a 1 MHz e V_{cc} de 3 V) (TII, 2011). Entre as vantagens que esse microcontrolador possui, pode-se citar como principais para esse projeto o ADC de 12 bits, modos de baixo consumo, capacidade de capturar interrupções externas e módulo USCI (Universal Serial Communication Interface) além da disponibilidade de 49 pinos de acesso com funcionalidades multiplexadas.

O microcontrolador é responsável por gerenciar as inicializações dos módulos utilizados, amostragem do ADC, captura de eventos externos (ativação de botão de pressão), gerenciamento ordenado de envio de comandos (LCD e barra de pinos), geração de frequências (*buzzer*) e transferência de dados serial. O microcontrolador conta com duas conexões de *clock*, uma de 8 MHz, nos pinos de entrada de cristal 2 ou XIN2, e saída de cristal 2 ou XOUT2, utilizada para alimentar o *clock* do microprocessador e a outra de 32,768 kHz, em entrada do cristal ou XIN e saída do cristal ou XOUT, utilizada para alimentar o gerador de frequências do *buzzer*.

Quanto à alimentação do microcontrolador, tanto os pinos de alimentação analógica quanto os pinos de alimentação digital foram conectados na saída regulada em 3,3 V (terras digital e analógico foram considerados o mesmo). As conexões de alimentação são desacopladas por capacitores de 100 nF e de 10 μ F. Para que a referência do ADC torne-se o menos flutuante possível, o pino Vref+ foi conectado a um capacitor de 10 μ F [2]. A figura 9 apresenta as conexões realizadas.

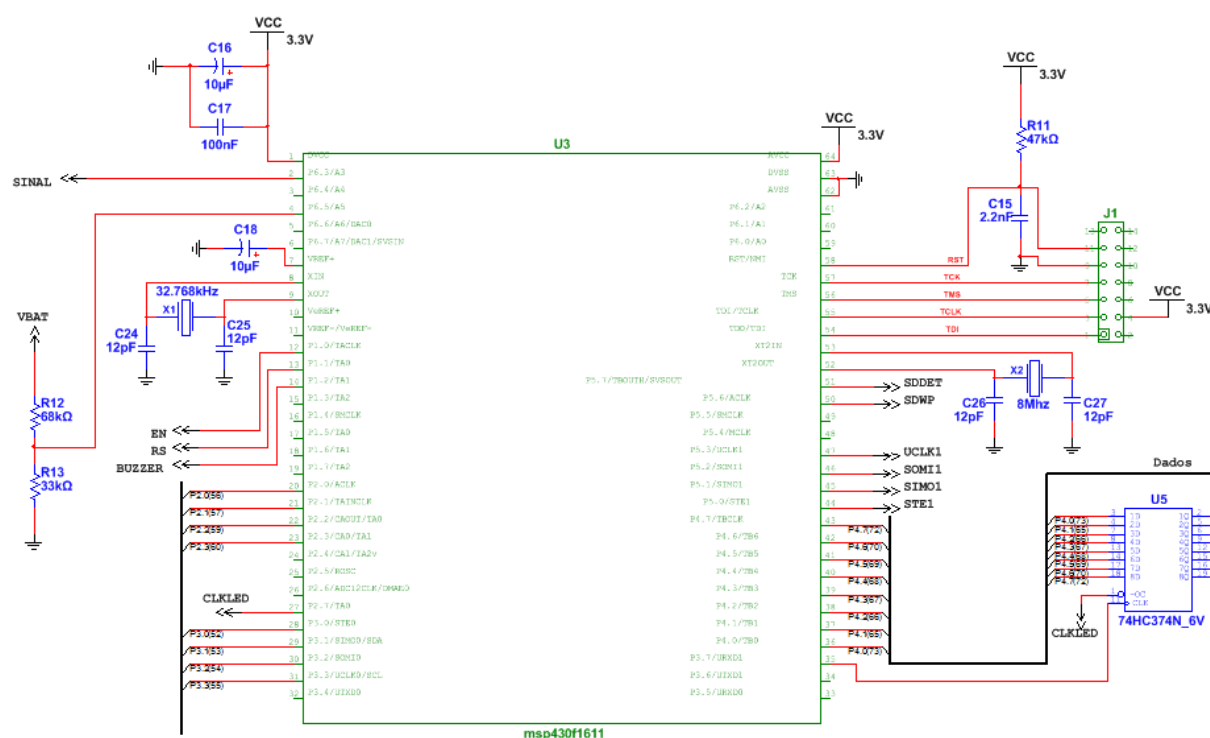


Figura 9- Conexões elétricas no microcontrolador.

3.4.5 CARTÃO SECURE DIGITAL

A forma escolhida para o armazenamento de dados foi o cartão SD, (*Secure Digital*). O cartão utiliza o protocolo SPI, interface periférica serial, para comunicar-se com outros dispositivos. Deve-se ter em mente que o tempo de acesso ao cartão SD é lento devido ao tipo de memória da qual é composto, EEPROM, um tipo de memória não volátil, utilizada para armazenar os códigos programados. Dessa forma considera-se a temporização de acesso e retenção de dados no cartão em comparação com a temporização do processo de amostragem.

A interface elétrica é simples, composta apenas por resistores de *pull up*, um resistor de *pull down* que mantém os níveis de tensão bem definidos para o bom funcionamento dos microcontroladores, erguendo o nível de tensão explicitamente para 5V ou abaixando-o para o potencial do terra e o capacitor de desacoplamento. A montagem é apresentada na figura 10.

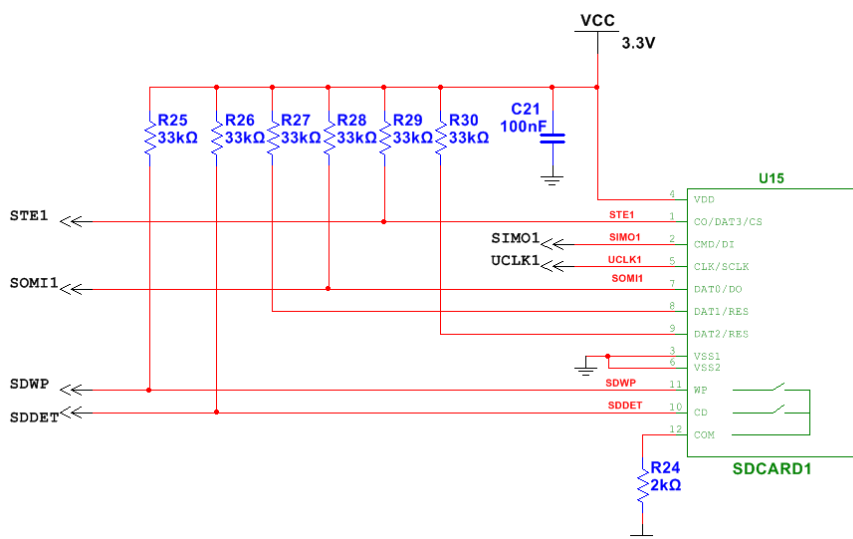


Figura 10- Conexões elétricas do cartão SD.

3.4.6 DISPLAY ALFANUMÉRICO, BARRA DE LEDS, TECLADO E BUZZER

A fim de fornecer ao usuário acesso às funcionalidades do protótipo, foi inserido um teclado no projeto. Do mesmo modo, para fornecer *feedback* visual, foram inseridos uma barra de *leds* e um *display* alfanumérico e para o *feedback* sonoro, um *buzzer*. Para estes três últimos, o *feedback* é proporcional ao esforço pulmonar do usuário. A barra de *leds* é separada em 8 leds: 4 verdes, 2 amarelos e 1 vermelho. Desse modo, quão maior o esforço do usuário, mais luzes são acesas. De modo semelhante, o LCD apresenta uma barra de esforço. Quão maior o esforço, mais luzes são atualizadas no *display*. Finalmente, o *buzzer* emite um som com frequência crescente à medida que o esforço do usuário for maior, limitando-se à um esforço máximo mostrado no ADC de 3,3V, equivalente a 4096. As conexões elétricas são apresentadas na figura 11.

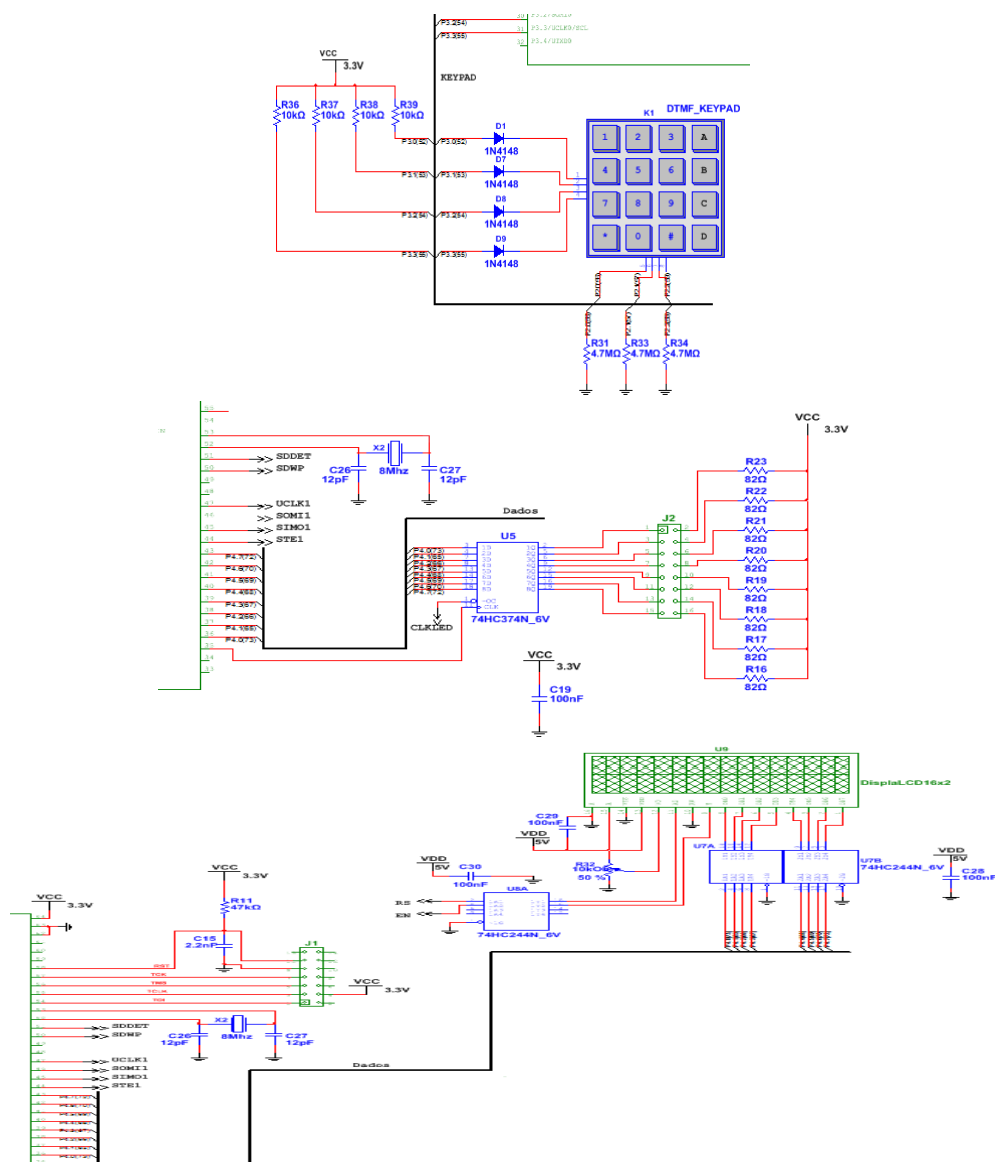


Figura 11- Conexões elétricas do teclado, LCD, *buzzer* e barra de *leds*.

3.4.7 PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

Quanto à composição do circuito impresso, cada bloco do circuito elétrico foi separado e roteado. Para tanto, utilizou-se a seguinte metodologia: as conexões diretas foram roteadas (componentes do mesmo bloco funcional) e formados blocos. Ao final do roteamento de todos os blocos separadamente, estes foram inseridos dentro da região da placa e roteados entre si.

A ordem na qual os blocos foram montados seguiu a disposição que mais facilitava sua conexão à porta correspondente do microcontrolador. Este, por sua vez, foi posicionado no centro da placa, facilitando assim, o roteamento entre blocos.

O resultado do roteamento pode ser visto no Apêndice B, figura 17. De forma geral os componentes inseridos possuem encapsulamento PTH (*Pin Through Hole*).

Com a finalidade de minimizar as influências eletromagnéticas bem como a influência do chaveamento do circuito digital, um plano de terra foi inserido no *layout*. Esse plano de terra está presente tanto na parte superior da placa, quanto na parte inferior, sendo que os dois são curto circuitados.

Um passo de precaução foi tomado antes do envio da placa para fabricação. Uma versão em escala 1:1 do circuito impresso foi impressa e montada sobre um pedaço de isopor. Isso se deve à necessidade de verificação de espaçamento entre componentes e se os *footprints* correspondiam com o componente físico.

Após o ajuste de alguns detalhes finais e a última verificação de todo o circuito, gerou-se os arquivos Gerbers. Estes foram enviados para a empresa Circuitel, em Curitiba, para a fabricação da placa de circuito impresso, que pode ser visualizada no Apêndice B.

3.5 FIRMWARE

Nas seções seguintes são abordados os tópicos referentes à programação do código embarcado no microcontrolador. Também serão descritos os principais diferenciais do projeto do *firmware*. Outro tópico abordado nessa seção é a biblioteca FAT16 e sua adequação.

É apresentado na figura 12 o fluxograma de funcionamento do *firmware*. Após todas as inicializações dos periféricos e do sistema de arquivos, o *display* demonstra uma breve apresentação, indicando uma mensagem de boas vindas seguida de uma verificação de bateria. Os processos de atualização são precedidos pelo processo de aquisição. Caso o usuário pressione o botão “*”, a gravação de dados é iniciada. Nessa etapa, o *buzzer* cessa de tocar e o LCD cessa de atualizar. Assim que a gravação é terminada uma mensagem é apresentada no LCD e o equipamento está pronto para ser desligado.

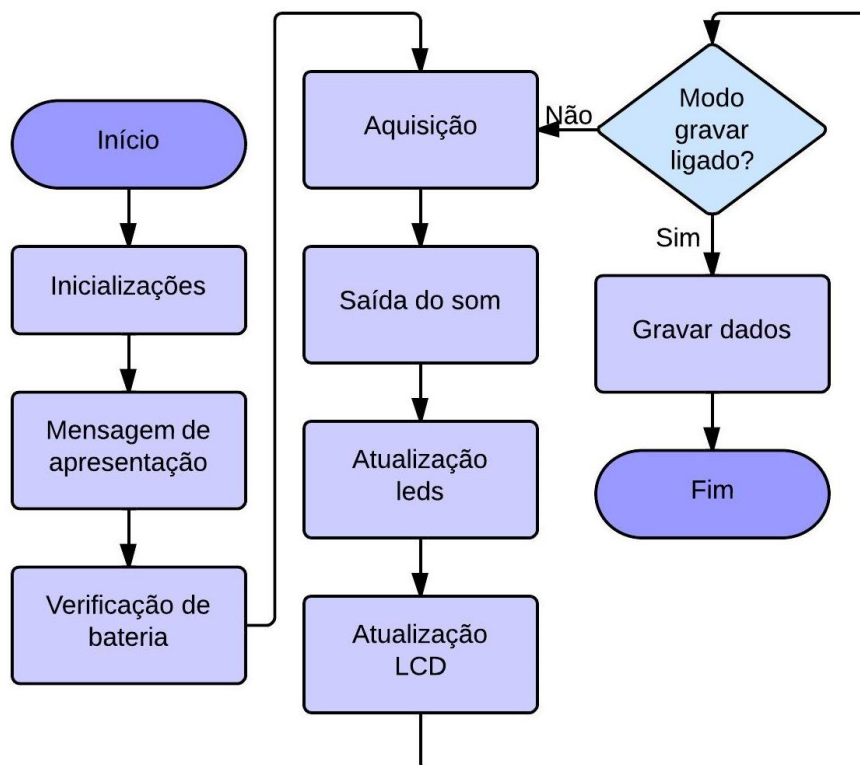


Figura 12- Fluxograma de funcionamento do firmware.

A plataforma utilizada para programação do firmware foi a IAR *Embedded Workbench* da IAR, um programa utilizado para a composição de códigos de programação, para *debug* do código e gravação no microcontrolador.

Esse aplicativo é um ambiente de desenvolvimento eletrônico dedicado à programação de programas embarcados. Entre as suas características, resalta-se a compatibilidade com os microcontroladores da família MSP430F16x, interface simples, simulador e *wizard* para criação de projetos. Em comparação ao *Code Composer Studio*, o IAR é uma solução amplamente utilizada no mercado, o que facilita o contato com tutoriais, fóruns e auxílio técnico.

3.5.1 PROGRAMAÇÃO DOS PERIFÉRICOS UTILIZADOS - TEMPORIZADOR

Para que o *buzzer* funcione com frequências distintas, o periférico *timer* foi utilizado. A temporização é realizada através de contagens binárias crescentes ou decrescentes (por esse motivo o *timer* também é referenciado como contador).

O *timer* do *firmware* foi utilizado como gerador de frequências por PWM, modulação por largura de pulso, com *duty cycle* de 50%. A fonte do *clock*

que provê o sincronismo é o cristal de 8 MHz, e portanto, a frequência de contagem é dependente da frequência do cristal. Quando a contagem atinge um determinado valor (representado por TACCR1), uma frequência de PWM é gerada. A configuração do *timer* pode ser vista no Apêndice C.

3.5.2 CONVERSOR ANALÓGICO DIGITAL

A aquisição dos sinais elétricos, bem como a aquisição do nível da bateria são realizados pelo ADC. O modo pelo qual o ADC foi configurado é baseado em requisições de *software* para dar início à conversão. Dessa maneira, através de interrupções do ADC, a amostragem é realizada e o valor obtido é comparado com uma faixa pré-definida. Dependente do valor adquirido, um valor de frequência é selecionado. Esse valor de frequência é atualizado no *timer*, o qual gerará o pulso PWM para que o *buzzer* soe.

A frequência de amostragem do ADC é de aproximadamente 625 kHz. Esse valor foi obtido através de um *clock* interno ao microcontrolador dividido. As configurações do ADC podem ser vistas no Apêndice D.

3.5.3 DISPLAY ALFANUMÉRICO

O MSP430F1611 possui uma grande quantidade de pinos e estes são multiplexados. Um dos passos principais para a inicialização do circuito é a configuração das portas.

Alguns pinos devem ser configurados conforme a demanda do periférico (como o pino P6.3, que é configurado como entrada ADC e não como GPIO-*General Purpose Input and Output*) enquanto outros podem ser configurados sem essa demanda. O segundo caso é típico de interfaceamento de *display* alfanumérico com um microcontrolador. Como os fabricantes fornecem *displays* com o seu controlador já integrado, o acesso às suas funcionalidades pode ser feita pela simples alteração de níveis lógicos, o que é facilmente pareado com pinos em modo de saída do microcontrolador. Muito embora a biblioteca do *display* alfanumérico de 16 colunas por duas linhas seja difundida entre os usuários de MSP por toda a internet, optou-se por compor uma biblioteca própria.

3.5.4 INTERFACE DE COMUNICAÇÃO SERIAL E BIBLIOTECA FAT16

Assim como mencionado na seção de *hardware*, o cartão Secure Data possui interface de comunicação SPI (Interface Periférica Serial). Esse protocolo de comunicação é suportado por um MSP- processador de sinal misturado, através da utilização do periférico de comunicação serial síncrona universal. Desta forma, basta configurar quais os canais do periférico serão utilizados, qual a taxa de sincronismo e a polaridade do sinal para que a comunicação entre os circuitos seja compatível.

Para que o cartão SD funcione é necessário não apenas o protocolo de comunicação, mas também um sistema de gerenciamento de arquivos chamado FAT32, enquanto memórias menores que 2 GB possuem sistemas FAT16. O FAT16, ou File Allocation Table, é um sistema de alocação e gerenciamento de arquivos.

Tendo em vista que o micro controlador utilizado é de 16 bits, os acessos às regiões de memória de um cartão SD são simplificados ao se utilizar o sistema FAT16. Essa é a razão que justifica a escolha por este sistema ao invés do de 32 bits. É necessário ter em mente, entretanto, que o sistema FAT16 gerencia memória com tamanho menor que 2 GB. Observa-se que essa quantidade de dados se tornou muito pequena para as necessidades atuais e, portanto, modelos de cartão com FAT16 são difíceis de serem encontrados no mercado. Muito embora exista essa dificuldade tecnológica extra em se implementar esse sistema, com uma certa facilidade ainda é possível encontrar cartões SD com FAT16.

A utilização desse tipo de partição foi baseada na biblioteca desenvolvida por Sham (2005). Essa biblioteca teve que sofrer algumas alterações para que possuísse aplicação nesse projeto. Assim, modos de acesso SPI, bem como funções de alocação de memória tiveram que ser alteradas. Por exemplo, a biblioteca padrão possuía a alocação de memória estática. Para a nova aplicação, a alocação deve ser dinâmica.

De forma geral, o FAT16 opera da seguinte maneira: após a identificação do sistema de gerenciamento no cartão, um arquivo com extensão.txt e formatação ASCII (American Standard Code for Information

Interchange) é criado no SD. Quando o comando gravar dados (pressionar tecla “*”) ocorrer, são alocados dinamicamente setores de memória no cartão. Ao final da operação, o arquivo é preparado para ser fechado.

3.6 SOFTWARE

Em conjunto com o *firmware* e *hardware* desenvolvidos, integra-se a este trabalho a apresentação de um *software* capaz de realizar o processamento do sinal amostrado pelo *Spirofeed*. As características desse *software*, como foi sua implementação e suas funcionalidades são apresentadas nos tópicos seguintes.

3.6.1 DESENVOLVIMENTO

Entre as ferramentas de programação de interface gráfica para Windows, foi escolhida aquela integrada no programa Matlab, a Graphical User Interface Design Environment (GUIDE).

Segundo o Matlab GUIDE, “o ambiente de desenvolvimento de interface gráfica do usuário Matlab, fornece um conjunto de ferramentas para a criação de interfaces gráficas de usuário (GUIs). Estas ferramentas simplificam muito o processo de concepção e construção de GUIs”, (Matlab, 2011). Esse ambiente de programação gráfica é capaz de criar a aparência de uma GUI e programá-la. As vantagens principais desse programa são: a) facilidade em posicionar os elementos de interface (botões, caixas de texto, barra de rolagens) e; b) compatibilidade com as *toolboxes* do Matlab.

Entre outras características, o GUIDE ainda possui uma visualização clara e elegante dos seus menus, o que permite a construção intuitiva de uma interface sofisticada. A *toolbox* ainda fornece ao usuário a geração automática de construtores e destrutores dos elementos inseridos no *layout* da interface, facilitando sua programação. Muito embora isso facilite o esforço de programação, o desenvolvedor ainda deve ser responsável pela programação necessária pela interação entre os elementos inseridos na interface. Para que esse objetivo seja alcançado, utiliza-se a programação orientada a eventos no Matlab.

É considerado um evento no Matlab, um clique sobre um botão, a rolagem de uma barra ou a atualização de um gráfico. Dessa forma, existindo um clique sobre um botão, o trecho do código relativo a esse evento é executado. Dentro desse trecho, o programador é autônomo para programar quaisquer tarefas que o clique desempenhará. Pode-se citar como exemplo, o clique em um botão “Abre amostra”, cuja finalidade é solicitar ao usuário um arquivo. O trecho do código que corresponde ao clique sobre o botão será responsável por chamar uma outra estrutura que abra uma janela e solicite a localização do arquivo ao usuário. Em algumas situações, essa nova janela é outro trecho de código programado, ou em outras situações é um aplicativo embarcado à interface. Um exemplo de programação orientada a eventos é apresentado no Apêndice E.

3.6.2 GUI DO *SPIROFEED*-INTERFACE GRÁFICA

Observando a necessidade de um *software* fácil de ser utilizado, optou-se pela inserção dos menus na parte superior da interface. Dessa forma, elimina-se a presença excessiva de botões que poluem o aplicativo e geram inconveniências ao usuário. A figura 13 apresenta uma ilustração dos dados obtidos durante uma aquisição de sinal.

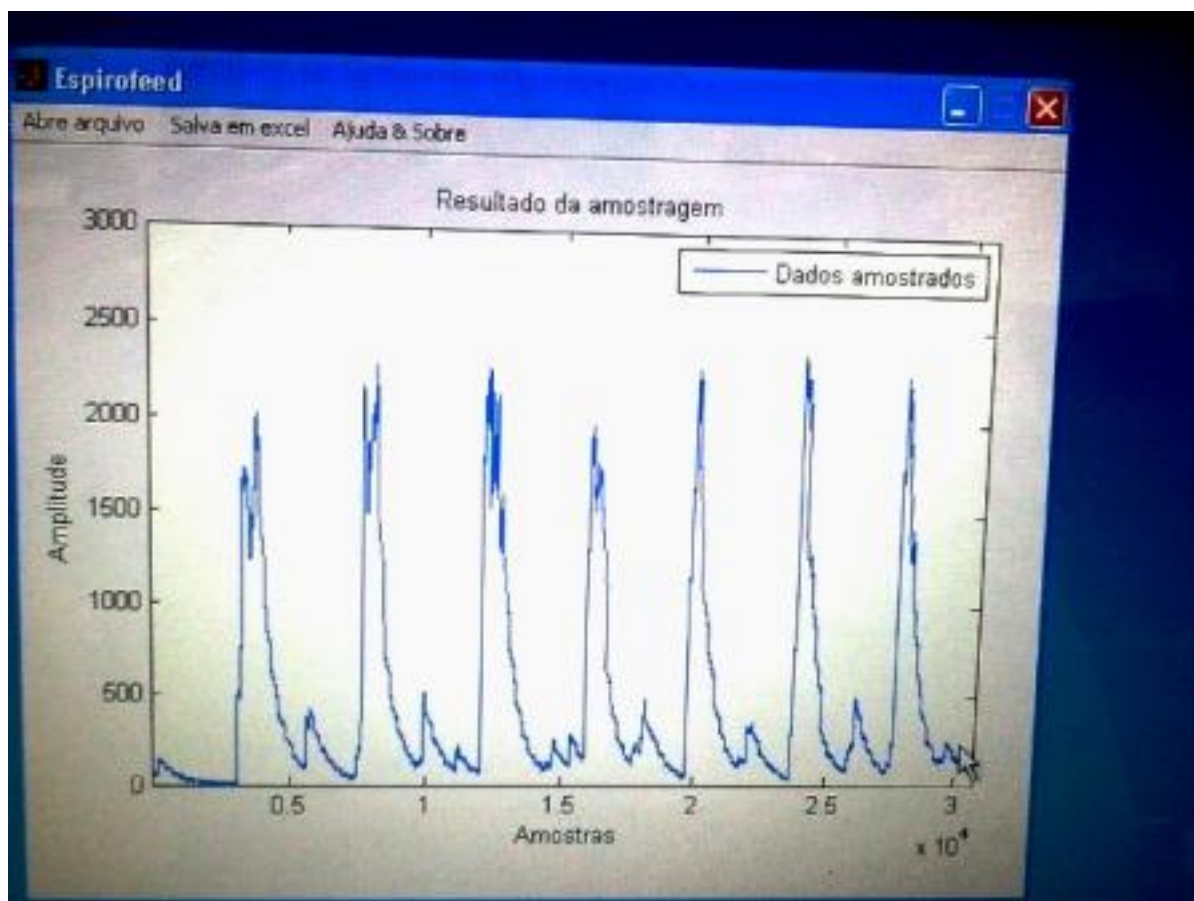


Figura 13- Exemplo de aquisição de dados com o sistema alinhado.

Para que o *software* seja executado, o operador deve inicializá-lo. Assim que a janela é apresentada, deve-se clicar sobre o menu "Abre arquivo". Nesse ponto, o operador deve navegar nas pastas do computador até encontrar o arquivo com a amostra salva. Assim que este arquivo é carregado, o processamento dos dados é iniciado. Ao término do processamento, o gráfico resultante das amostras coletadas é plotado na janela principal. Caso o operador deseje portar o dados para o formato .xml, deve clicar sobre o botão "Salva em excel". O novo arquivo chamado amostra.xml é criado na mesma pasta do *software*. A operação do *software* segue o fluxograma apresentado na figura 14

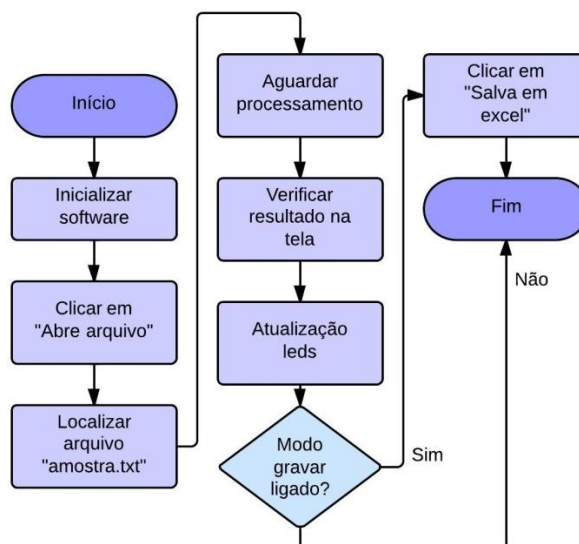


Figura 14- Fluxograma de operação do *software*.

3.6.3 VERSÃO *STAND-ALONE* PARA WINDOWS 64 BITS

Tendo em vista que o *software* foi desenvolvido no Matlab, para que este funcione é necessário que o computador possua uma versão do Matlab (2010a ou superior). Entretanto, isso não ocorre na prática, pois muitos usuários não possuem Matlab. Para eliminar a necessidade da instalação do Matlab no computador da operadora, optou-se por gerar uma versão da interface que rodasse no formato *stand-alone*. Para tanto, utilizou-se a ferramenta *deploytool*.

O *deploytool* compila programas desenvolvidos no Matlab e os transforma em uma versão executável Windows. Os requisitos são:

- 1) O executável resultante em 64 bits só funciona em computadores 64 bits. Se a interface é compilada em um computador 32 bits e aberta em um computador 64 bits um erro de incompatibilidade ocorre;
- 2) A instalação do programa MCRInstaller. É um programa embarcado quando da compilação do código da interface instalado em computadores que não possuem Matlab. Basicamente, o MRC é um programa que possui *scripts* das *toolboxes* utilizadas na programação da interface.

Respeitando esses pontos, a interface inicializa-se no ambiente Windows sem que seja necessária a instalação do Matlab.

3.7 AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

A avaliação antropométrica de perímetros corporais foi realizada com fita métrica inextensível de 150 cm, resolução de 0,1 cm, da marca WCS Cardiomed e realizada de acordo com o procedimento padrão para coleta das respectivas medidas: nos braços, 10 cm do acrômio; na região abdominal, linha umbilical; no quadril, na linha da crista ilíaca e maior protuberância glútea; nas coxas e panturrilhas, região central das mesmas.

A massa corporal foi aferida com a utilização de uma balança mecânica (Filizola), com resolução de 100 gramas. A avaliação da estatura deu-se com o uso de um estadiômetro de resolução igual a 0,1 cm, fixo e acoplado à balança, onde os indivíduos com os pés unidos eram solicitados a realizar uma inspiração, com a estatura medida na maior distância entre a base da balança e o vértex da cabeça (MORROW, 2003).

As dobras cutâneas foram medidas com adipômetro da marca Cardiomed, modelo CESCORF, com resolução de 0,1 mm. O protocolo para a estimativa do percentual de gordura e análise dos dados foi definido pelo *software Physical Test 8.0*, que utilizou o protocolo de Pollock a partir da coleta de medida de três pontos anatômicos, sendo para homens: torácico, abdominal e coxa e, para mulheres: tricipital, suprailíaca e coxa. O ponto torácico nos homens foi obtido a partir da dobra diagonal na metade da distância entre a parte superior do peitoral e do mamilo. Nas mulheres tomou-se uma dobra diagonal a um terço da distância da linha axilar anterior e a mama. Na medida abdominal tomou-se uma dobra vertical medida a uma distância lateral de aproximadamente 2 cm do umbigo e para a coxa tomou-se uma dobra vertical na região anterior da coxa na metade da distância entre o quadril e as articulações do joelho. Para a dobra tricipital tomou-se uma dobra vertical na linha média da parte superior do braço, a meio caminho entre o ombro e o cotovelo e na suprailíaca tomou-se uma dobra ligeiramente oblíqua medida imediatamente acima do osso do quadril, coincidente com uma linha imaginária descida da linha axilar anterior (POLLOCK, 1993). Cada medida foi realizada três vezes para o cálculo da média aritmética e a massa isenta de gordura foi calculada pela diferença entre a massa total corporal e gordura corporal.

O índice de relação cintura quadril (RCQ) foi realizado com fita métrica inextensível de 150 cm, resolução de 0,1 cm da marca WCS Cardiomed. O local de medida da circunferência da cintura foi realizado no ponto mais estreito entre as costelas e a pelve. A do quadril foi realizada na circunferência máxima abaixo da cintura pélvica, ou seja, no nível da maior protuberância glútea, mantendo a fita no plano horizontal alinhada com a crista ilíaca (POLLOCK, 1993). Todos os dados da avaliação física foram digitalizados e mantidos em ficha específica para o estudo (APÊNCIDE F).

3.7.1 AVALIAÇÃO DO VO₂ SUBMÁXIMO - TESTE DE ESFORÇO

O teste de VO₂ foi utilizado como parâmetro para definir a aptidão inicial dos participantes. De acordo com Silva e Torres (2002), geralmente é o próprio avaliado quem interrompe o teste após atingir uma possível exaustão. Durante a realização de um protocolo submáximo, o resultado obtido representa uma extrapolação do resultado máximo previsto para o avaliado, sem expor o mesmo a uma intensidade elevada durante o teste (MARINS e GIANNICHI, 1998).

Para a realização do teste cardiorrespiratório foi utilizado o protocolo de teste submáximo de Astrand (1954) para cicloergômetros. Este protocolo avalia o índice de VO₂ indicando a eficiência do sistema respiratório e cardiovascular (POLLOCK E WILMORE, 1993). Os voluntários foram posicionados em uma bicicleta ergométrica da marca Movement LX130 e a frequência cardíaca e pressão arterial foram monitoradas respectivamente por um frequencímetro da marca Polar FT2 e um medidor de pressão de pulso digital, calibrado, da marca Wristwatch Geratherm.

Inicialmente estabeleceu-se a frequência cardíaca máxima (FCM) do voluntário, determinada de acordo com a sua idade. A fórmula utilizada para calcular a FCM é a mostrada por Tanaka (2001), conforme equação 3:

$$\text{FCM (bat/min)} = 208 - (0,7 \times \text{idade (anos)}) \quad (3)$$

Devido o protocolo ser um teste submáximo, a frequência cardíaca de esforço (FC_{est}) para o teste é calculada em 85% da FCM. Este valor de frequência

a ser atingido no teste, para obter o valor do VO_2 , permite manter uma margem de segurança quanto à integridade da saúde do avaliado. Uma vez determinados os valores de frequência cardíaca (FC), estabelece-se a quantidade de rotações executadas em 1 minuto na bicicleta. Essa quantidade de rotações define a quantidade de esforço a ser mantido durante o protocolo. Se a quantidade de rotações ultrapassar 60 rotações por minuto (RPM), estabelece-se uma correção de carga na bicicleta, aumentando sua carga ou potência, conforme o modelo da bicicleta e de acordo com a tabela 3.

Tabela 3- Correção de Carga em Bicicleta Ergométrica para teste submáximo de VO_2 (ACMS, 1997).

Força (kg)	Potência (watts)
0,5	25
1,0	50
1,5	75
2,0	100
2,5	125
3,0	150
3,5	175
4,0	200

Depois de definida a quantidade de rotações por minuto (RPM) no pedal, caso haja a necessidade de uma correção de carga, esta é determinada a partir da execução estabelecida para homens em 1,0 kg/60 (rotações/min) e para mulheres em 0,5 kg/60 (rotações/min), CT corresponde à carga em watts e PC à massa corporal, conforme a equação 4:

$$CT \text{ (watts)} = PC \text{ (kg)} \times 2 \quad (4)$$

Uma vez estabelecida a carga a ser imposta no procedimento, a correção de carga é calculada a partir da equação 5:

$$\text{Correção de Carga (kg)} = 0,014 \times \text{Potência (watts)} + 0,129 \quad (5)$$

A tabela 3 dimensiona a oscilação na correção de carga que pode ocorrer durante o teste. Esta oscilação é oriunda da capacidade cardiorrespiratória de cada avaliado, variando conforme sua percepção de esforço e condição física. Para o entendimento de como aplicar a correção de carga, apresenta-se um exemplo. Um indivíduo do sexo masculino com massa de 70 kg e 25 anos é submetido a avaliação cardiorrespiratória. A partir do peso corporal determina-se a carga na bicicleta, conforme a equação 4: $70 \text{ kg} \times 2 = 140 \text{ watts}$. Depois de determinada a carga a ser utilizada, estabelece-se a correção de carga, conforme a equação 5: Correção de Carga = $0,014 \times 140 \text{ watts} + 0,129$. Deste modo a Correção de Carga é de 2,0 kg de carga, ou seja, durante o protocolo para atingir a quase exaustão, uma vez que trata-se de um teste submáximo, este indivíduo de 70kg terá que manter 60RPM com 2,0kg de carga na bicicleta durante os cinco minutos.

Os avaliados pedalarão os cinco minutos e, a cada minuto, a frequência cardíaca e a pressão arterial foram monitoradas e anotadas, para no final do protocolo ser realizado o cálculo do VO_2 . Durante a realização do teste, os avaliados foram encorajados verbalmente a realizar e manter seu esforço máximo. Os valores foram obtidos a partir da média entre a execução no 4º e 5º minutos e os cálculos foram efetuados a partir das equações 6 e 7, respectivamente para homens e mulheres:

$$\text{VO}_2 (\text{l/min}) = (195 - 61 / \text{FC}_{\text{esf}} - 61) \times \text{Correção de Carga (kg)}; \quad (6)$$

$$\text{VO}_2 (\text{l/min}) = (198 - 72 / \text{FC}_{\text{esf}} - 72) \times \text{Correção de Carga (kg)}. \quad (7)$$

Conforme o exemplo exposto acima, o suposto voluntário de 25 anos apresentaria o seguinte valor de VO_2 , conforme a equação 8:

$$\text{VO}_2 (\text{l/min}) = (195 - 61 / 162 - 61) \times 2,0 = 2,65 \text{ l/min}. \quad (8)$$

A unidade do VO_2 é obtida em l/min, porém sua medida deve ser mostrada em ml/kg/min. Assim, o valor obtido conforme o exemplo acima passaria de 2,65 l/min para 37,85 ml/kg/min, ou seja, multiplica-se o valor obtido do VO_2 por 1000 e divide-se pelo peso corporal do avaliado. Pode-se ainda estabelecer a

quantidade predita para a idade, ou seja, estimar qual deveria ser o valor alcançado conforme a idade. Para este cálculo, utiliza-se as equações 9 e 10, respectivamente para homens e mulheres:

$$VO_2 \text{ (ml/kg/min)} = 60 - (0,55 \times \text{idade}) \quad (9)$$

$$VO_2 \text{ (ml/kg/min)} = 48 - (0,37 \times \text{idade}) \quad (10)$$

Assim, o suposto voluntário mostrado obteve, de acordo com o teste submáximo, um valor de VO_2 de 37,85 ml/kg/min, quando na verdade para sua idade, conforme a equação 8 deveria apresentar um rendimento de 46,25 ml/kg/min de VO_2 .

A avaliação cardiorrespiratória do estudo foi mantida em ficha específica e encontra-se apresentada no APÊNDICE G.

3.8 ARRANJO DA MEDIÇÃO

A caminhada na esteira, usando uma máscara conectada ao capnômetro e ao aparelho de *biofeedback*, conforme mostra a figura 15, objetivou estimular o voluntário obeso ou com sobrepeso da necessidade de inspirar uma quantidade suficiente de ar durante a realização do ato motor, para ser possível, através da expiração forçada, acionar o dispositivo de luzes e batidas sonoras, condicionando sua respiração através da reorganização da ação motora.

Os mesmos foram orientados a acompanhar o sinal áudio visual do equipamento durante os 15 minutos de procedimento.

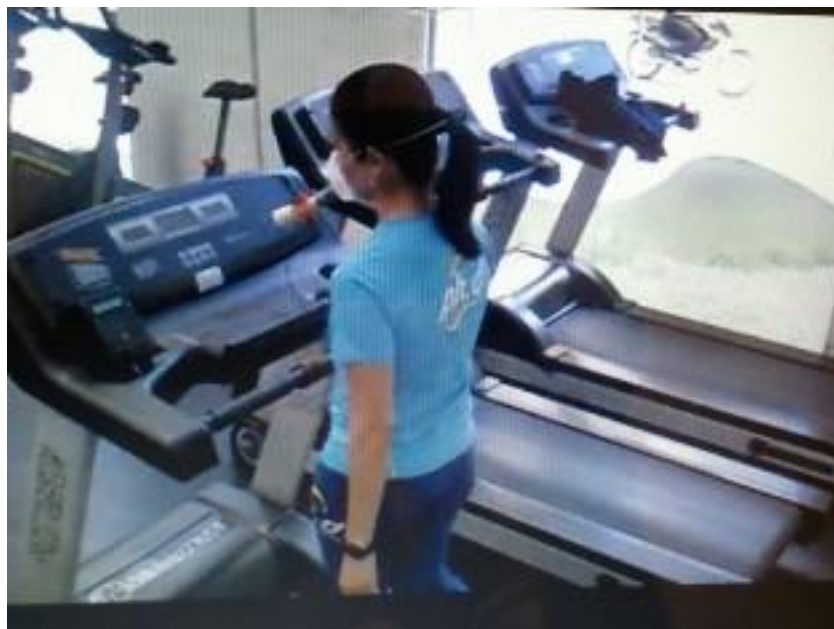


Figura 15- Foto do equipamento de *biofeedback* acomodado na esteira e conectado à máscara e ao voluntário durante caminhada.

Fonte: Própria

A máscara era conectada a um duto, que por sua vez era conectado ao capnômetro. Dentro deste duto havia também um microfone responsável pela captação do fluxo de gás expirado durante a execução da tarefa motora. Essa informação era devolvida ao voluntário, através da quantidade de ar expelido que acionava os *LEDS* e alto falantes do *Spirofeed* no momento da expiração forçada. A máscara também conduzia o ar expirado ao capnômetro que realizava a mensuração da concentração de CO_2 .

O diagrama da figura 16 apresenta o esquema de como ocorreu a interação do voluntário com o local de coleta.

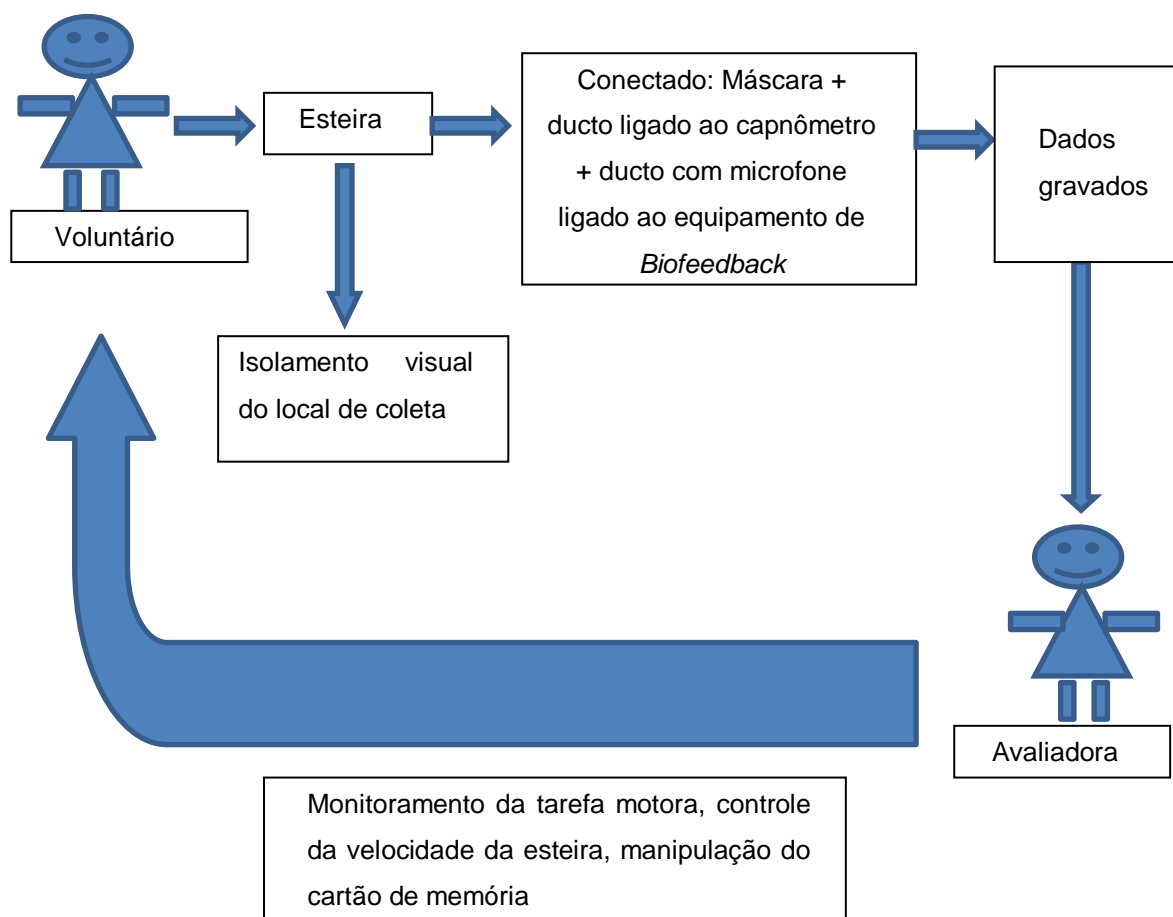


Figura 16- Diagrama de interação do voluntário com o local de coleta.

A medição da concentração de CO_2 foi feita por um capnômetro portátil EMMA. Este gás exalado pelo participante atravessava o capnômetro que continha um duto, onde dentro deste encontrava-se conectado o microfone que é sensibilizado pelo fluxo de ar. Esta informação do ar chegava ao *Spirofeed*, e por meio de seus alto falantes emitia um sinal sonoro e o respectivo acionamento dos *LEDS*, transformando essas informações em *biofeedback* ao participante. A quantidade de ar necessária para acionar o aparelho foi testada inicialmente e calibrada junto a um tubo de ar comprimido que permitia a comparação do fluxo soprado no aparelho e a quantidade de fluxo atravessado no tubo (conectado à máscara).

Estas informações permitiram ao participante por meio das variáveis auditivas e visuais do aparelho (*Spirofeed*), a autorregulação dos processos

fisiológicos, a fim de estimular o condicionamento respiratório por comandos neurofisiológicos: tônus muscular e regulação da frequência respiratória. De acordo com a cromoterapia, cores como vermelho, laranja e amarelo são estimuladoras do sistema nervoso simpático e conseqüentemente aumentam a agitação do indivíduo. O verde, o azul e o violeta estimulam o sistema nervoso parassimpático e por isso aumentam o relaxamento (WAUTERS *et al.*, 1998). Deste modo a disposição das luzes utilizadas no equipamento foram respectivamente: verde, amarelo e vermelho, intensificando o estímulo visual no final do esforço.

O protocolo de execução do teste foi realizado em 15 minutos ininterruptos de coleta e mantido de modo individualizado, de acordo com a aptidão e com a frequência cardíaca de cada participante, variável de acordo com suas respectivas idades. O tempo médio ideal foi estimado em 10 +/- 2 minutos, devido a um tempo \leq a 8 minutos subestimar a medida de $VO_{2m\acute{a}x}$ (possivelmente devido à limitação de força muscular), e um tempo \geq a 12 minutos gerar uma provável redução da medida do $VO_{2m\acute{a}x}$ devido ao aumento da temperatura central, desidratação, desconforto ou fadiga dos músculos ventilatórios (SBC, 2002).

Os voluntários foram posicionados na esteira e essa ligada até atingir a frequência de esforço de 65% da FCM de cada participante. O equipamento de *biofeedback* foi sobreposto na esteira e a máscara conectada ao capnômetro foi acoplada ao indivíduo. Para a gravação dos dados, o microprocessador foi posicionado atrás da esteira, em uma bancada.

A cada dia de sessão foram colocadas novas pilhas e baterias para evitar possíveis erros de medição. Nos primeiros 5 minutos, acontecia a estabilização da frequência cardíaca e os dados eram coletados sem que houvesse instrução da execução, o voluntário caminhava normalmente sem necessidade de acionar o *Spirofeed*, ou seja, sem necessidade de realizar a expiração forçada. Nos 10 minutos que se seguiam, eram realizadas mais duas coletas, respectivamente nos minutos 10 e 15, agora acionando-se o *Spirofeed* através da expiração forçada. Nesses momentos de acionamento do equipamento, observou-se um aumento da frequência cardíaca e dos valores do capnômetro no momento da expiração forçada, ocasionando uma diminuição da velocidade da esteira, para manter o batimento dentro dos 65% da FCM. Assim

ocorreu um aumento da percepção do esforço físico, em função de uma exigência maior do desempenho motor, maior contração abdominal, maior concentração na execução da tarefa e maior inspiração para manter o equipamento acionado. Após 15 minutos ininterruptos de teste, a velocidade da esteira era baixada, a fim de diminuir a frequência cardíaca e permitir a interrupção do teste sem que houvesse desconforto para o participante.

Os dados do *Spirofeed* depois de digitalizados foram gravados no microprocessador e os valores da concentração do CO₂ numa planilha.

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram analisados por medidas de posição e dispersão (média e desvio padrão) com uso da estatística descritiva. Os procedimentos foram realizados com o uso do programa Excel.

Os dados coletados da avaliação corpórea, assim como os coletados da frequência respiratória, *Spirofeed* (força expiratória) e do dióxido de carbono expirado, foram correlacionados quantitativamente, a fim de explicar o ganho de controle respiratório e a mudança de gases expirados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados dos testes realizados no protocolo de marcha em esteira ergométrica para indivíduos obesos e/ou com sobrepeso, a partir do CO₂ exalado. A avaliação do desempenho da atividade aeróbia foi realizada considerando os seguintes parâmetros: controle motor por frequência cardíaca, frequência respiratória, medição de CO₂ por capnometria e *biofeedback*.

4.1 CONTROLE MOTOR POR FREQUÊNCIA CARDÍACA

O parâmetro utilizado para escalonar a velocidade da marcha foi a frequência cardíaca. Para cada participante foi calculada a frequência cardíaca de esforço em 65% do valor máximo, de acordo com a idade de cada um, através da equação 3, proposta por Tanaka (2001).

Esta equação foi utilizada em virtude da maior fidedignidade apresentada na execução motora, devido ao fato de não subestimar os participantes mais velhos, uma vez que a amostra foi selecionada até 55 anos, tampouco superestimar os mais jovens, atribuindo-lhes um esforço maior que o necessário.

A tabela 4 mostra a média dos dados antropométricos coletados, apresentando os valores de todo o grupo e distintos por categoria. Notam-se diferenças estatísticas para a massa corporal, percentual de gordura e VO₂ entre os grupos, sendo estes os parâmetros que influenciam na dinâmica respiratória.

Tabela 4- Apresentação das médias dos valores antropométricos de todo o grupo e distintos por categoria.

Variáveis	Geral Média ± DP	Controle Média ± DP	Estudo Média ± DP
N	18	6	12
Idade (anos)	34,2 ± 10,4	32,3 ± 12,6	35,1 ± 9,7
Massa Corporal (kg)	77,7 ± 13,6	71,0 ± 12,0	81,0 ± 13,6
RCQ (cm)	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,3	0,8 ± 0,1
Gordura Corporal (%)	28,5 ± 1,8	15,8 ± 6,5	34,9 ± 7,4
VO₂ (ml/kg/min)	21,0 ± 8,5	26,4 ± 9,3	18,3 ± 6,9

A RCQ dos avaliados no âmbito geral e respectivos grupos controle e de estudo encontra-se dentro da padrão de normalidade. O percentual de gordura no grupo controle foi classificado como adequado, sendo essa classificação de 15 a 20%. No grupo de estudo, como era de se esperar, a média estava muito acima do normal, entrando na classificação direta de obesos, com valores dentro dos 30%. O VO₂ para o controle foi considerado abaixo do ideal, pois deveria estar na média da idade, de acordo com as equações 8 e 9, com valores entre 43 ml/kg/min e 37 ml/kg/min, devido ao fato de tratar-se de um grupo heterogêneo. Para o grupo de estudo, devido à própria compleição física, utilizando-se dos mesmos critérios, os valores estiveram conforme a média da idade bem mais abaixo do ideal, que deveria ser entre 41 ml/kg/min e 35 ml/kg/min.

A oscilação da frequência foi verificada através da utilização do frequencímetro, indicando qual a velocidade da marcha a ser imposto. Uma vez estipulada essa velocidade, iniciava-se a medição da concentração de CO₂. Todavia, a cada medição, em função do esforço atribuído pela respiração, essa velocidade tinha de ser readequada, porque havia um acréscimo nos valores de frequência. Assim, pode-se afirmar que a expiração forçada é inversamente proporcional à velocidade de esforço da marcha em esteira pois, para manter o ritmo de frequência cardíaca dentro dos 65% estabelecidos, havia a necessidade de diminuir a velocidade de execução. Logo, pode-se considerar que através da maior demanda expiratória ocorria um aumento fisiológico do exercício mesmo

este sendo executado em menor fração de esforço. Deste modo, induz-se o participante a inspirar mais vezes e mais profundamente para, em resposta, conseguir acionar o equipamento de *biofeedback* e receber a informação áudio visual.

Ao comparar os grupos, diferenças significativas são percebidas. O valor de VO_2 respectivamente para controle e estudo foi de $26,42 \pm 9,29$ ml/kg/min e $18,3 \pm 6,94$ ml/kg/min, diferença principalmente evidenciada em função da carga de trabalho que é aumentada nos indivíduos obesos e com sobrepeso em virtude do tamanho, que exige uma demanda maior de esforço quando comparados com indivíduos com peso normal e, portanto limita a função cardiorrespiratória, refletindo numa baixa aptidão física.

Ressalta-se que numa sessão de treinamento convencional, sem a utilização do aparato da pesquisa, essa elevação da frequência ocorreria de modo natural e normal. Porém, em se tratando de indivíduos obesos e/ ou com sobrepeso, o equipamento não limita somente a demanda de esforço respiratório, que no caso específico é o objeto da pesquisa, mas também propicia uma margem de segurança para não sobrecarregar o sistema músculo esquelético e articular desses indivíduos, permitindo-lhes executar uma tarefa motora aeróbia de modo seguro e atingindo uma demanda de esforço dentro do adequado para sua compleição, porém de modo menos intenso, ou seja, não subestima ou superestima suas potencialidades.

4.2 MEDIÇÃO DO CO_2 POR CAPNOMETRIA

A tabela 5 mostra os valores médios da concentração de CO_2 medidos pelo capnômetro, durante a primeira sessão do protocolo aeróbio.

Tabela 5- Medição da concentração de CO₂ (mmHg) pelo capnômetro na 1ª sessão de caminhada na esteira, nos 5 minutos, 10 minutos e 15 minutos, respectivamente.

Voluntários	Controle	Estudo
1ª Sessão	Média ± DP	Média ± DP
Tempo 1-5 min	21,3 ± 8,5	20,5 ± 2,1
Tempo 2-10 min	24,5 ± 4,6	24,1 ± 5,4
Tempo 3-15 min	23,7 ± 7,4	27,7 ± 7,1

A concentração de oxigênio gasoso no monitoramento da respiração pulmonar na realização de exames de esforço/*stress* é essencialmente limitada pela respiração do ar ambiente, apresentando valores entre 15% e 21% (GUYTON, 1998). Assim, a medição da concentração de CO₂ exalado, através da expiração forçada, desconsiderando a presença de outros gases ou vapor de água, tem o intuito de melhorar a competência do aparelho respiratório dos indivíduos obesos e/ou com sobrepeso em aumentar a eliminação do gás carbônico. O objetivo é comprovar que o trabalho aeróbio deve ser direcionado e não apenas ajustado pela frequência cardíaca e que esta por sua vez, pode ter uma resposta aprendida através do *biofeedback* fornecendo um subsídio mais fiel e real às condições de aptidão dos obesos.

A tabela 5 mostra a média das três medições realizadas dentro dos quinze minutos de prática, na 1ª sessão do protocolo aeróbio. Verifica-se uma melhora significativa no grupo de estudo, da amostra 1 em comparação com a amostra 3, mostrando um aumento na quantidade do gás exalado.

A capnometria é um recurso utilizado em procedimentos anestésicos. Em função da habilidade de diagnosticar precocemente episódios de hipoventilação e apnéia, utilizou-se este recurso em virtude da sua sensibilidade em indicar em tempo real a função ventilatória, informando a quantidade de CO₂ exalado durante a marcha em esteira que, no experimento realizado, espera-se que seja o fator que justifique a resposta aprendida através do *biofeedback*.

Como a respiração normal é causada quase que inteiramente pelos músculos inspiratórios, com contribuição mínima dos músculos expiratórios, durante a respiração profunda, o centro expiratório entra em atividade nos períodos intercalados entre a atividade inspiratória, e nessas condições, os músculos expiratórios tem contribuição equivalente a dos músculos inspiratórios (GUYTON,

1998). Assim, como meio de instigar o participante a aumentar o volume inspirado, promove-se a expiração forçada durante o protocolo, uma vez que como apresentado no item 2.3, o aumento da expiração aumenta a ventilação, pressupondo-se um aumento indireto na inspiração, captando-se mais oxigênio. A tabela 6 mostra os valores alcançados no meio do experimento indicando a média da concentração de CO₂ na 6ª sessão.

Tabela 6- Medição da concentração de CO₂ (mmHg) pelo capnômetro na 6ª sessão de caminhada na esteira, nos 5 minutos, 10 minutos e 15 minutos, respectivamente.

Voluntários	Controle	Estudo
6ª Sessão	Média ± DP	Média ± DP
Tempo 1-5 min	19,7 ± 7,0	22,1 ± 5,2
Tempo 2-10 min	27,2 ± 7,5	27,5 ± 2,5
Tempo 3-15 min	24,8 ± 9,4	29,3 ± 4,6

O acionamento do equipamento de *biofeedback* no grupo controle mostra uma intensidade de esforço menor quando comparados ao grupo de estudos, devido à sua condição cardiorrespiratória apresentar-se melhor, portanto com a respiração mais facilitada em virtude de manter-se “mais” contínua. No grupo de estudos essa demanda era dificultada pela necessidade de inspirar mais profundamente durante o protocolo. No entanto, observa-se que a quantidade de gás exalado no grupo de estudo aumentou e melhorou quando comparado com o controle.

A tabela 7 mostra os valores alcançados no final do experimento indicando a média da concentração de CO₂ na 12ª sessão.

Tabela 7- Medição da concentração de CO₂ (mmHg) pelo capnômetro na 12ª sessão de caminhada na esteira.

Voluntários	Controle	Estudo
12ª Sessão	Média ± DP	Média ± DP
Tempo 1-5 min	23,5 ± 3,5	23,6 ± 7,7
Tempo 2-10 min	27,3 ± 6,1	28,0 ± 5,5
Tempo 3-15 min	29,1 ± 4,6	30,2 ± 5,3

Nota-se uma melhora significativa e importante do início do experimento, meio e final deste, com relação ao aumento da quantidade de gás exalado principalmente no grupo de estudo. Ainda tendo havido essa melhora, quando comparados com o grupo controle, em virtude da baixa aptidão física do grupo de estudo, ou seja, da condição cardiorrespiratória abaixo da média, a melhora é menor. Comparando os valores iniciais e finais do experimento do grupo de estudos, conforme a Tabela 1, e tendo como parâmetro a pressão parcial de CO₂ ao nível do mar, de 27 mmHg de ar expirado, sendo esse valor de referência de um indivíduo com peso normal e sem a realização de esforço, as concentrações foram respectivamente de 20,5 mmHg e 30,15 mmHg durante atividade aeróbia, ou seja, obteve-se um ganho de 9,65 mmHg. De acordo com o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), Curitiba apresenta uma pressão atmosférica de 1019 hPa ou 764,31 mmHg, assim a partir do resultado, verifica-se um aumento da pressão parcial de CO₂, pressupondo um aumento na velocidade de absorção e excreção de oxigênio e gás carbônico e da ventilação (GUYTON, 1997), através do incentivo inspiratório.

Embora tenha havido esse aumento perceptível na maioria dos envolvidos individualmente, não se pode afirmar ter ocorrido diminuição do percentual de gordura ou peso corporal. Deste modo, como forma de comprovar que a dinâmica respiratória do obeso é de fato comprometida, um dos voluntários do grupo controle ex obeso, submetido a procedimento de cirurgia bariátrica, com uma perda de aproximadamente 45 a 50kg de massa corporal, apresentou os resultados mostrados na tabela 8.

Tabela 8- Medidas antropométricas e de concentração de CO₂ (mmHg) de um voluntário ex obeso pertencente ao grupo controle, nas 12 sessões nos momentos 5 minutos, 10 minutos e 15 minutos, respectivamente.

Voluntário 3		
8% de gordura corporal	Média ± DP	
Tempo 1-5min	21,1 ± 4,2	
Tempo 2-10min	20,1 ± 6,0	
Tempo 3-15min	22,1 ± 8,3	
VO ₂ (ml/kg/min)	15,2 Avaliado	47,0 Predito (idade)

Conforme mostrado na tabela 8, o voluntário mesmo apresentando um percentual de gordura e RCQ saudáveis e encontrando-se na classificação do grupo controle, apresentou uma baixa condição cardiorrespiratória, conforme os valores do VO_2 . Durante todo o protocolo demonstrou grande dificuldade em exercer a expiração forçada, que dificultava a inspiração, e obteve discreta melhora na quantidade de CO_2 exalado. Seu relato foi de “dificuldade em respirar”. Observa-se, neste caso, que embora o volume de massa corporal tenha diminuído significativamente, a resposta fisiológica e a memória motora dos proprioceptores articulares e musculares ainda atuam como se a constituição fosse de uma massa maior e volumosa, com uma resposta lenta no acionamento no centro respiratório e subsequente aumento da ventilação.

Obteve-se, também, percepções subjetivas em resposta ao protocolo, como: o relato da facilidade em executar tarefas da rotina diária, a percepção na mudança da maneira de como acionar a respiração, ou seja, através da expiração forçada, a exigência de uma inspiração mais profunda facilitou a respiração abdominal que, por sua vez, promoveu uma maior percepção de tônus melhorado da musculatura abdominal.

4.3 FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA

Os instrumentos de medição utilizados mostraram-se adequados com a proposta de aumentar a concentração de CO_2 exalado. Durante as sessões de treinamento, além da medição do capnômetro, simultaneamente, realizou-se uma medição da frequência respiratória, ou seja, da quantidade de exalações realizadas dentro de um minuto, em três sessões distintas. Essa frequência foi computada a cada acionamento do equipamento, ou seja, a cada expiração, e realizada somente a partir da 6ª sessão do protocolo.

A tabela 9 mostra a média da frequência respiratória da 6ª sessão do treinamento aeróbio em ambos os grupos, realizada com 13 participantes da pesquisa, sendo 5 do grupo controle e 8 do grupo de estudo, em virtude dos demais já terem concluído as 12 sessões do protocolo.

Tabela 9- Apresentação da média da frequência respiratória (respirações/min.) da 6ª sessão de 13 participantes, sendo 5 do controle e 8 do estudo, nos momentos 5 minutos, 10 minutos e 15 minutos, respectivamente.

Voluntários	Controle	Estudo
Sessão 6	Média ± DP	Média ± DP
Tempo 1-5 min	26,6 ± 5,5	19,6 ± 6,3
Tempo 2-10 min	29,4 ± 3,8	24,3 ± 9,6
Tempo 3-15 min	31,6 ± 4,9	25,3 ± 9,1

A tabela 10 mostra a média da frequência respiratória em ambos os grupos, realizada na 9ª sessão.

Tabela 10- Apresentação da média da frequência respiratória (respirações/min.) na 9ª sessão, nos momentos 5 minutos, 10 minutos e 15 minutos, respectivamente.

Voluntários	Controle	Estudo
Sessão 9	Média ± DP	Média ± DP
Tempo 1-5 min	26,6 ± 5,9	23,3 ± 6,9
Tempo 2-10 min	31,4 ± 3,4	24,1 ± 8,4
Tempo 3-15 min	32,2 ± 2,7	25,5 ± 8,7

A tabela 11 mostra a média da frequência respiratória em ambos os grupos, realizada na 12ª sessão.

Tabela 11- Apresentação da média da frequência respiratória (respirações/min.) em ambos os grupos, realizada na 12ª sessão, nos momentos 5 minutos, 10 minutos e 15 minutos, respectivamente.

Voluntários	Controle	Estudo
Sessão 12	Média ± DP	Média ± DP
Tempo 1-5 min	26,2 ± 5,9	21,5 ± 5,3
Tempo 2-10 min	31,0 ± 4,2	25,0 ± 6,8
Tempo 3-15 min	32,6 ± 3,4	26,3 ± 8,4

A quantidade de ar que entra e sai do pulmão, o volume corrente, está relacionado à amplitude. Quando se inspira, esse volume ocupa toda a árvore

respiratória, desde fossas nasais até os alvéolos. Porém, a troca gasosa só ocorre nos alvéolos e nos bronquíolos respiratórios (GUYTON e HALL, 2002).

Essa quantidade de ar é regulada por motoneurônios que normalmente agem na musculatura, e em sua maioria saem da medula. Eles atuam basicamente na musculatura do diafragma. O diafragma contraído aumenta o diâmetro do tórax. Dessa forma, há um fluxo de entrada de ar para o interior dos pulmões. Quando a inspiração está aumentada tem-se hiperpnéia e quando está diminuída, hipopnéia (DOUGLAS, 1999).

A frequência respiratória em indivíduos normais varia entre 10 e 15 ciclos respiratórios por minuto. Quando ela está aumentada diz-se que há taquipnéia e quando está diminuída, bradipnéia (GUYTON e HALL, 2002).

A hiperventilação ocorre por um aumento na concentração de íons H⁺ que promove uma queda do pH, ativando os quimiorreceptores centrais do bulbo que geram um aumento tanto do volume corrente quanto da frequência respiratória. Porém essa condição ocorre até um limite, ou seja, quando o dióxido de carbono corresponde a taxas maiores ou iguais a 20% de sua concentração não há mais aumento do volume corrente máximo devido à intoxicação e a partir de então, esse cai abruptamente (GUYTON e HALL, 2002).

Percebe-se nas três tabelas 9, 10, e 11 que ocorre um aumento discreto na quantidade de frequência respiratória do grupo controle, porém que esta se apresenta acima do considerado normal, sendo essa referência de 10 a 15 ciclos respiratórios por minuto.

4.4 BIORREALIMENTAÇÃO (*BIOFEEDBACK*)

A regulação da respiração tem efeitos terapêuticos que influenciam os processos de modulação do corpo, tais como o barorreflexo e a modulação da pressão sanguínea, através dos quais os reflexos vagais e simpáticos podem ser controlados (LEHRER *et al.*, 2003). Ganhar a consciência e o controle de funções autônomas, como por exemplo a respiração e a frequência cardíaca, é o objetivo do treinamento de *biofeedback* (BASMAJIAN, 1981).

A utilização de equipamento de *biofeedback* pode garantir que os participantes possam efetivamente aprender as habilidades de respiração através

de autocorreção e, eventualmente, alterar o estado fisiológico (SCHWARTZ, 2000). O *biofeedback* cai sob o campo da psicofisiologia aplicada, um campo que se empenha em compreender e efetuar mudanças que ajudam os seres humanos a se moverem em direção do funcionamento fisiológico adequado (BIRBAUMER *et al.*, 1997).

Assim, o *biofeedback* foi utilizado como meio de promover a mudança no padrão respiratório através do ato motor de indivíduos obesos ou com sobrepeso. O *hardware* do dispositivo utilizado durante o assopro (fluxo de ar expirado) no esforço mínimo, equivalia a 0V e o esforço máximo a 3,3V. Quando o sinal analógico é amostrado no ADC com valor de 0V equivalia ao valor de 0 e quando amostrado 3,3V equivalia a 4096. O espirômetro foi fixado numa sensibilidade equivalente ao esforço máximo amostrado num fluxômetro utilizado para estabelecer um padrão de funcionamento durante os testes.

A tabela 12 mostra os valores mínimos, médios e máximos alcançados no *Spirofeed*, respectivamente nas 1ª, 6ª e 12ª sessões.

Tabela 12- Valores mínimos, médios e máximos mostrados em porcentagem alcançados no *Spirofeed* nas respectivas sessões 1, 6 e 12 pelos grupos controle e estudo.

SPIROFEED	CONTROLE			ESTUDO		
	MÍN.	MÉDIO	MÁX	MÍN.	MÉDIO	MÁX
Sessão 1	0	18,4	64,7	0	15,9	72,4
Sessão 6	0	19,9	75,4	0	16,1	78,0
Sessão 12	0	23,6	77,0	0	17,3	78,0

Tomando como base que o valor máximo soprado alcançado no equipamento equivale a 4096 (100%), a porcentagem encontrada respectivamente nas sessões 1, 6 e 12 no grupo controle variou de 64,72%, 75,36% e o alcance máximo foi de 77% de assopro máximo, equivalente à expiração máxima para este protocolo. No grupo de estudo a porcentagem foi de 72,43% inicialmente e se manteve nas sessões 6 e 12 em 78% do alcance máximo.

5 CONCLUSÕES

5.1 CONCLUSÃO

A utilização de capnometria para medição da concentração de CO₂ durante trabalho aeróbio de indivíduos obesos e com sobrepeso, com intuito de induzir uma maior captação de O₂ através da técnica de *biofeedback* mostrou-se uma ferramenta útil como resposta aprendida para o ato motor.

Análises da concentração de CO₂ e da frequência respiratória, durante a marcha em esteira ergométrica representam uma nova possibilidade de direcionar o trabalho aeróbio de indivíduos obesos e com sobrepeso quando comparado com trabalhos direcionados pela frequência cardíaca, uma vez que, estes simplesmente são orientados pela idade do indivíduo, subtraindo as diferenças na compleição física e suas dificuldades morfológicas.

O protocolo foi realizado em 12 sessões de dias alternados e de acordo com a disponibilidade dos participantes. Os valores das variáveis medidas foram obtidos em todas as sessões de treinamento e as comparações destes valores, foram realizadas no início, meio e final do estudo.

A partir dos valores obtidos no início, meio e final do protocolo, a média para os valores do capnômetro para o controle foi respectivamente de 23,16, 23,88 e 26,63 mmHg, sendo que para o estudo foi de 24,08, 26,27 e 25,80 mmHg. A frequência respiratória foi de 29, 30 e 29 ciclos respiratórios para o controle e 23, 24 e 24 ciclos respiratórios para o estudo. Finalmente, a média dos valores obtidos pelo *Spirofeed* foram respectivamente 2965 (72,38%) do alcance máximo para o controle e 3123 (76,24%) do alcance máximo para o estudo.

A técnica do *biofeedback* permitiu aos envolvidos um incremento da condição perceptiva de seus esforços no trabalho motor. Esse incremento consciente da resposta aprendida da quantidade de ar necessária a ser inspirada, promoveu uma dinâmica respiratória que através da expiração forçada permitia gerar o acionamento dos *LEDS* do equipamento, provocando alterações no âmbito fisiológico e emocional dos participantes. Essas alterações permitiram considerar a possibilidade de que a atividade física é um recurso possível com implicações diretas nas suas qualidades de vida. Este recurso não os exaure demasiadamente, pois fornece condições na percepção da ação motora, de uma

maior tolerância quanto sua execução fornecendo informações que permitem especular sobre melhorias da capacidade funcional, uma vez que ocorre um aumento tanto da quantidade de CO₂ exalado quanto da frequência respiratória, responsáveis pelo aumento da ventilação, ou seja, reflete numa melhor mecânica ventilatória e aptidão física.

Assim, uma melhora na mecânica ventilatória dos obesos e indivíduos com sobrepeso, conseqüentemente na captação de O₂, corrobora a eficiência do protocolo de treinamento aeróbio a partir do *biofeedback* e do monitoramento da concentração de CO₂.

5.2 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

De modo a otimizar o uso do *Spirofeed* através do método apresentado de *biofeedback*, sugere-se a utilização de um oxímetro de pulso, pois além da concentração do CO₂ exalado e medido pelo capnômetro, haveria a medição indireta da disponibilidade de oxigênio no sangue, uma vez que o oxímetro detecta a porcentagem de oxiemoglobina (hemoglobina ligada ao oxigênio), onde o sinal monitorado varia com o tempo no ritmo na frequência cardíaca (BRAGA *et al.*, 1999), ou seja, perceberia-se o aumento de O₂ no sangue arterial ligado à hemoglobina.

O sistema de medição apresentado pode ser aprimorado a fim de que as gravações possam ser realizadas de modo contínuo, sem a interrupção da coleta dos dados durante o processo motor, já que a cada medição havia a necessidade de desligar o *Spirofeed* e os dados durante este intervalo não eram computados. Acredita-se que o sistema possa ser integrado diretamente a um microprocessador gravando o tempo total do protocolo, onde somente aconteceria o monitoramento da prática e os ajustes relativos ao participante, bem como a motivação em executar e continuar a tarefa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA O ESTUDO DA OBESIDADE E DA SÍNDROME METABÓLICA. **Diretrizes Brasileiras de Obesidade**. Itapevi-SP: AC Farmacêutica. 3. ed., 2010.

ACSM. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins, 2000.

ALMEIDA, Celize C. B. et al. Capnografia volumétrica na identificação da não homogeneidade da ventilação em crianças e adolescentes com asma persistente controlada. **Jornal de Pediatria**, v. 87, n. 2, Porto Alegre, mar./abr., 2011.

AMARAL, Carlos R. T.; CHEIBUB, Zacharias B. Obesidade mórbida: implicações anestésicas. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, Rio de Janeiro, n. 41, p. 273-279, 1991.

AMARAL, José L. G. et al. Monitorização da Respiração: Oximetria e Capnografia. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, São Paulo, n. 42, p. 51-58, 1992.

ARAUJO, Gustavo G. et al. Máxima fase estável de lactato em ratos obesos de ambos os gêneros. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v. 15, n. 1, p. 46-49, 2009.

BARROS, Turíbio de L. **Medida certa: podia ser melhor – exercício e saúde, nutrição e saúde**, 2013. Disponível em: <<http://drturibio.com/2013/11/12/medida-certa-podia-ser-melhor/>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

BASMAJIAN, Jonh V. Biofeedback in rehabilitation: a review of principles and practices. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, ano 10, n. 62, p. 469-465, 1981.

BEAR, Mark F. et al. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. Porto Alegre: ArtMed, 2002.

BIRBAUMER, Niels et al. Effects of regional anesthesia on phantom limb pain are mirrored in changes in cortical reorganization. **Journal of Neuroscience**, Berlin, Germany n. 17, p. 3-8, 1997.

BOUCHARD, Claude et al. Exercise, fitness, and health: the consensus statement. **Exercise, fitness and health: a consensus of current knowledge**. Champaign, Human Kinetics, p. 3-28, 1990.

BRAGA, Angélica de F. de A. et al. Obesidade mórbida: considerações clínicas anestésicas. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, Campinas, ano 3, n. 49, p. 201-212, 1999.

BRAZ, José R. C. Monitorização da oxigenação e da ventilação. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, Botucatu, ano 3, n. 46, p. 223-240, 1996.

BRAZ, José R. C.; CASTIGLIA, Yara M. M. **Temas de Anestesiologia Para o Curso de Graduação em Medicina**. 2. ed., revista e ampliada. São Paulo: Editora: UNESP Artes Médicas, 2000.

BUCKLEY, Francis P. Anesthesia and obesity and gastrointestinal disorders. **Clinical Anesthesia**, 2. ed, JB Lippincott Company, Philadelphia, p. 1169-1183, 1992.

CAVALLAZZI, Antônio C. et al. Estudo de alguns parâmetros da função pulmonar em obesos sem hipoventilação. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Campinas, v. 7, n. 4, p. 218-222 1981.

CIOLAC, Emmanuel G.; GUIMARÃES, Guilherme V. Exercício físico e Síndrome Metabólica. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói v. 10, n.4, jul./ago., 2004.

CSN – CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE, Resolução n. 182, 1996. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo>. Acesso em: 15 dez. 2013.

DEL PASO, Gustavo A.; GONZÁLEZ, Izabel M. Modification of baroreceptor cardiac reflex function by biofeedback. **Applied psychophysiology and biofeedback**, Jaen, Spain, ano 3, n. 29, p. 197-211, 2004.

DENADAI, Sérgio B. Consumo máximo de oxigênio: fatores determinantes e limitantes. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Rio Claro, v. 1, n. 1, p. 85-94, 1995.

DHERER, Michael, KABITZ Hans J. Impact of obesity on exercise performance and pulmonary rehabilitation. **Respirology**, Australia, v. 17, p. 899-907, 2012.

DOUGLAS, Carlos R. **Tratado de Fisiologia Aplicada a Ciências da Saúde**, 4. ed., Rio de Janeiro: Guanabara, 1999.

FAHEY, Thomas et al. **Fit & well: core concepts and labs in physical fitness and wellness**. 3. ed. Mountain View: Mayfield, 1999.

FRANÇA, Rafael Ferreira. **Indutor de ondas cerebrais por batimento bianural**. 2008. pág 12. Monografia. Universidade Positivo, Curitiba, 2008.

GOMES, Leonardo Gomes. **A avaliação do treinamento com baropodometria com biofeedback**: estudo de caso com crianças com pé equino. 2011. pág. 23. Dissertação (Mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

GUEDES, Dartagnan P. Atividade física, aptidão física e saúde. In: CARVALHO, Teresa (Org.). **Orientações básicas sobre atividade física e saúde para profissionais das áreas de Educação e Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde e Ministério da Educação e do Desporto, 1996.

GUYTON, Arthur C. **Fisiologia humana**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 375, 1998.

GUYTON, Arthur C.; HALL, Jonh E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

HIRSCH, Mark A. et al. The effects of balance training and high-intensity resistance training on persons with Idiopathic Parkinson's Disease. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Baltimore, v. 84, n. 8, p. 1109-1117, 2003.

HOWLEY, Edward T.; FRANKS, Don B. **Manual do instrutor de condicionamento físico para a saúde**. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

JOHNSON, Jennifer M.; BALLIN, Scott D. Surgeon general's report on physical activity and health is hailed as a historic step toward a healthier nation. **Circulation**, n. 94, p. 2045, 1996.

JONES, Andrew M. et al. Efeitos do exercício prévio sobre trocas gasosas e respostas metabólicas ao exercício. **Sports Medicine**, n. 33, p. 949-71, 2003.

LEHRER, Paul M. et al. Heart rate variability biofeedback increases baroreflex gain and peak expiratory flow. **Psychosomatic Medicine**, n. 65, 796-805, 2003.

MINAYO, Maria C. de S. et al. Qualidade de vida e saúde: um debate necessário. **Ciência & Saúde Coletiva**, ano 1, n. 5, p. 7-18, 2000.

MARINS, João C. B.; GIANNICHI, Ronaldo S. **Avaliação & prescrição de atividade física**. Rio de Janeiro: Shape, 1998.

MATTHEWS, Rosser J. The birth of the modern clinical trial: the central role of the Medical Research Council. In: _____. **Quantification and the quest for medical certainty**. New Jersey: Princeton University Press, 1995.

MCARDLE, Willian D. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

MCARDLE, Willian D. et al. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998 .

MEDEIROS, Rômulo J. D.; SOUZA, Maria do S. C. de S. Adaptações neuromusculares ao exercício físico: síntese de uma abrangente temática. **Revista da Faculdade de Educação Física da UNICAMP**, Campinas, v. 7, n. 1, 2009.

MORROW, James R. Jr et al. **Medida e avaliação do desempenho humano**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2003.

MS- Ministério da Saúde, 2014. PNSN – Pesquisa Nacional sobre Saúde e Nutrição de 1989. Disponível em: <http://dab.saude.gov.br/portaldab/ape_vigilancia_alimentar.php?conteudo=pnsn>. Acesso em: 15 fev. 2014.

MS – MINISTÉRIO DA SAÚDE UnB, 1996. Disponível em: <bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/obesidade_desnutricao.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2012.

OLIVEIRA, Tiago M. **Avaliação da capacidade funcional e função pulmonar de obesos mórbidos após perda ponderal em grupo multidisciplinar de preparo pré-operatório**. Dissertação (Mestrado). 2010. pág. 31. Faculdade de Ciências Médicas, Campinas, 2011.

OMS – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Physical status: the use and interpretation of anthropometry**. Geneva; 1995. Technical Report Series 854.

ORTIZ, Ana C. et al. Influência da insuflação de gás traqueal sobre a capnografia de pacientes anestesiados. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, Campinas. v. 58, n. 5., set./out., 2008.

PINI, Mário C. **Fisiologia Esportiva**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1983.

POLLOCK, Michael L.; WILMORE, Jack H. Classificações do percentual de gordura na composição. **Saúde em Movimento [online]**. NIDDK, 1993. Disponível em: <http://www.saudeemmovimento.com.br/saude/tabelas/tabela_de_referencia_composicao.htm>. Acesso em: 30 maio 2013.

POLLOCK, Michael L. et al. ACSM Position Stand: the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine & Science. Sports & Exercise*, n. 30, p. 975-991, 1998.

PRENTICE, Willian E.; VOIGHT, Michael L. *Técnicas em reabilitação musculoesquelética*. Porto Alegre: Artmed, 2003.

RASERA, Carmen C. **Mensuração da pressão de dióxido de carbono arterial e expirado em lactentes e crianças sob ventilação mecânica invasiva**. Dissertação (Mestrado). 2010. Pág. 38. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

REJESKI, Jack W. et al. Physical activity and health-related quality of life. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, n. 24, p. 71--108, 1996.

SAMPAIO, E. **Fisiologia do esforço**. Ponta Grossa: UEPG, p. 68, 2001.

SBC – Sociedade Brasileira de Cardiologia, **Diretriz da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre teste ergométrico**. Rio de Janeiro: GEBRAC/SBC, 2002.

SCHWARTZ, Mark S.; GEVIRTZ, Richard N. **Biofeedback: Practitioner's Guide**. 2. ed. New York: The Guilford Press, 2000.

SHAM, William H. Portable FAT library for MCU applications. **Circuit Cellar**, n. 176, 2005.

SHENKMAN, Z.; SHIR, Y.; BRODSKY J.B. Perioperative management of the obese patient. **Journal Anesthesia**, n. 70, p. 349-359, 1993.

SHEPHARD, Roy J.; BALADY, Gary J. Exercise as cardiovascular therapy. **Circulation**, n. 99, p. 963-972, 1999.

SILVA, Geruza A. Síndrome Obesidade Hipoventilação Alveolar. In: SIMPÓSIO DISTÚRBIOS RESPIRATÓRIOS DO SONO. Ribeirão Preto, ano 2, n. 39, p. 195-204, abr./jun. 2006. Cap. IV. Medicina.

SILVA, Antônio J. Biomecânica do aparelho locomotor humano. In: AMADIO, A. C.; BARBANTI, V. J. (Org.) **A biodinâmica do movimento humano e suas relações interdisciplinares**. São Paulo: Estação Liberdade – Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, 2000.

SILVA, Antonio C. da; TORRES, Fernando C. Ergoespirometria em atletas paraolímpicos brasileiros. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 8, n. 3, p. 107-115, maio/jun. 2002.

TANAKA, H. et al. Age: predicted maximal heart. **American College of Cardiology**. Colorado, EUA., n. 37, p. 153-156, 2001.

TII TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED. **MSP430x1xx Family**, 2012.

TII TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED. **MSP430F15x, MSP430F16x, MSP430F161x Mixed Signal Microcontroller Datasheet**, 2011.

TRAUTH, Martin H.; SILLMAN Elisabeth. **MATLAB® and design recipes for Earth Sciences**: how to collect, process and present geoscientific information; Natick: Springer, 2011.

VIANNA, Jeferson M. **Fisiologia do exercício: mensuração das capacidades energéticas**. **Saúde em Movimento [online]**, 2002. Disponível em: <http://www.saudeemmovimento.com.br/conteudos/conteudo_frame.fisiologiadoexercicio>. Acesso em: 16 abr. 2013.

WASSERMAN K, WHIPP, B. J. Exercise physiology in health and disease. **Respiratory Disease**, n. 112, p. 219-249, 1975.

WAUTERS, A., THOMPSON, G. **Fundamentos de Cromoterapia**. Tradução: Henrique A. R. Monteiro. São Paulo: Avatar, p. 56-63, 1998.

WILMORE, Jack H.; COSTILL, David L. **Fisiologia do Exercício**. 1. ed., São Paulo: Manole, 2001.

APÊNCIDE A

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: “UTILIZAÇÃO DE BIOFEEDBACK POR MEIO DE CO₂ EXALADO PARA ANÁLISE DE INDIVÍDUOS OBESOS E COM SOBREPESO NA PRÁTICA DE ATIVIDADE AERÓBIA”

Pesquisador: Vanessa Cristina Haack; R. Estefano Joucoski, nº 364-Vista Alegre- Mercês. Tel: 41 88821801; 41 32341015.

Orientador: Profº Dr. Pedro Miguel Gewehr; **Co- orientador:** M.Sc. Leonardo Grilo

Local de realização da pesquisa: Academia Ph.d Sports

Endereço e telefone: Av. Silva Jardim, nº 979. Tel: 41 32341015

A) Informações ao Participante

1. Apresentação da pesquisa

Essas informações estão sendo fornecidas para sua participação voluntária neste estudo que tem como objetivo verificar se existe melhora na mecânica ventilatória de indivíduos caracterizados como obesos ou com sobrepeso após realização de protocolo de treinamento aeróbio condicionado por biofeedback e mensurado por capnografia.

Essa pesquisa faz parte da dissertação de mestrado realizada no Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (CPGEI) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), sob orientação do Profº Dr. Pedro Miguel Gewehr e com a colaboração do fisioterapeuta M.Sc. Leonardo Gomes Grilo (Crefito 32928-PR).

Inicialmente será realizada uma avaliação física que classificará os respectivos grupos de estudo e controle. Serão registrados na mesma: dados gerais dos voluntários, dados do exame físico que constará perímetria, dobras cutâneas, oximetria de pulso, seguida de teste de VO₂ submáximo, para na sequência iniciar o protocolo de treinamento aeróbio em esteira ergométrica.

A motivação da realização deste estudo deve-se ao fato da importância de buscar mecanismos que forneçam dados para uma prescrição de treinamento adequada sem subestimar ou sobrecarregar os avaliados em questão, desenvolvendo uma nova técnica que propicie a melhora da aptidão respiratória, da autoestima e da qualidade de vida dos envolvidos.

2. Objetivos da Pesquisa

Desenvolver através da utilização da técnica do biofeedback a consciência do participante para que a atividade aeróbia seja realizada de modo concentrado, ou seja, durante o ato motor o voluntário terá de estabelecer um ritmo respiratório de inspiração e expiração necessário para que a leitura dos dados seja possível de ser mensurada. Deste modo, controlando a velocidade de execução a partir da frequência cardíaca e monitorando a expiração dos participantes, critério de controle do protocolo, espera-se estabelecer uma analogia entre a quantidade de CO₂ exalado com a quantidade de O₂ captado e deste modo desenvolver um melhora na aptidão respiratória de indivíduos obesos ou com sobrepeso.

A partir dessa melhora na mecânica ventilatória espera-se fornecer condições fisiológicas que desenvolvam uma mudança no estilo de vida, tornando-os ativos e deste modo promovendo uma maior adesão a programas de treinamento que não sobrecarregem ou subestimem suas necessidades.

3. Participação na Pesquisa

Os participantes serão submetidos ao protocolo de treinamento monitorado que constará de 12 sessões, sendo essas realizadas na frequência de no mínimo duas e no máximo três vezes por semana, perfazendo o período necessário para que aja a adaptação fisiológica e neuromuscular. Serão realizados treinamentos aeróbios em esteira ergométrica, com velocidades individualizadas e compatíveis com a idade de cada participante, por um período de no mínimo 10 minutos e no máximo 20 minutos.

Para coleta dos dados, os participantes serão submetidos à avaliação física que constará de anamnese (entrevista), exame físico (protocolo de Astrand submáximo para cicloergômetro), perimetria (medições das circunferências corporais), percentual de gordura (medição da quantidade de gordura utilizando um adipômetro, que caracterizará o grupo em questão), oximetria de dedo (medindo indiretamente a quantidade de O₂ presente no sangue) e reavaliação dos procedimentos ao final do experimento; realizados pela pesquisadora responsável – Educadora Física Vanessa Cristina Haack.

O número mínimo de participantes estimados é de 30 (trinta) indivíduos, sendo esses do sexo feminino e/ ou masculino.

4. Confidencialidade

As informações obtidas serão analisadas em conjunto, não sendo divulgada a identificação de qualquer voluntário durante as publicações dos resultados.

É direito do voluntário ser informado sobre os resultados parciais da pesquisa, quando em estudos abertos, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores, cabendo a pesquisadora o compromisso de utilizar os dados somente para essa pesquisa.

5. Desconfortos, Riscos e Benefícios

5a) Desconfortos e ou Riscos

Os possíveis problemas que poderão ser relatados durante a intervenção do procedimento, são micro lesões musculares provenientes do esforço, ou seja, dor muscular tardia, logo após o treinamento. Porém, esse possível desconforto deverá ser evitado para não comprometer o desenvolvimento do protocolo.

No caso do participante relatar início de angina ou de sintomas anginosos, sinais de má perfusão, como: tontura, confusão, palidez, cianose, náuseas ou pele fria e úmida o procedimento deverá ser abortado. Caso haja necessidade, os participantes serão atendidos clinicamente pelo serviço de urgências médicas Eco Salva.

5b) Benefícios

Os benefícios estão diretamente relacionados às melhoras promovidas pela atividade física. No caso específico do grupo pesquisado, inicialmente melhora da mecânica ventilatória com melhora na captação do O₂. Subsequentemente melhora da aptidão física, refletindo na melhora do fortalecimento músculo articular, aumento do débito cardíaco, maior e melhor circulação periférica, flexibilidade e qualidade de vida.

6. Critérios de Inclusão e ou Exclusão

6a) Inclusão

Serão admitidos para o estudo, participantes do sexo feminino e/ou masculino, com idade entre 20 e 55 anos, que se enquadrem na classificação a partir de avaliação física, por aferição das dobras cutâneas que apresentem os respectivos percentuais de gordura acima do ideal, com valores entre 25% a 35% para mulheres e de 15% a 25% para homens de acordo com Niddk (1993).

6b) Exclusão

Serão excluídos do estudo voluntários que se enquadrem nos seguintes itens: (1) com idade inferior a 20 anos ou superior a 55 anos; (2) participantes clinicamente diagnosticados com hipertensão, diabetes ou alguma cardiopatia sem que aja controle medicamentoso; (3) mulheres grávidas; (4) participantes com qualquer tipo de problema osteomuscular ou articular que dificulte a marcha.

Quanto aos critérios de rejeição do teste ergométrico para avaliação do VO₂: (1) infecção que afete o sistema respiratório; (2) resposta atípica após o 5º minuto de repouso como: FC acima de 100bpm; (3) frequência respiratória acima de 40 mrm (movimento respiratório/ minuto); (4) pressão sistólica acima de 170 mmHg; (5) pressão diastólica acima de 100 mmHg; (6) temperatura axilar acima de 37,5º C.

No caso de mudança de decúbito, medir imediatamente a pressão diastólica e os batimentos cardíacos, início de angina ou de sintomas anginosos, sinais de má perfusão, como: tontura, confusão, palidez, cianose, náuseas ou pele fria e úmida (ACSM, 2000).

7. Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo

Os participantes do estudo serão informados ao final dos 12 treinamentos sobre os resultados da avaliação com a educadora física. No entanto, o voluntário poderá, a qualquer instante, solicitar informações sobre o trabalho e os resultados do seu atendimento, podendo continuar sua participação ou desistir a qualquer momento, sem qualquer prejuízo.

Em qualquer etapa do estudo, o participante terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. A principal pesquisadora é a educadora física Vanessa Cristina Haack, que pode ser encontrada no endereço: Rua Av. Silva Jardim, nº 979 – telefone: (041) 3234 1015, em horário comercial. Também pode entrar em contato com Prof. Dr. Pedro Miguel Gewehr, no endereço: Av. Sete de Setembro, Nº 3165, Rebouças, CEP 80230-901. Telefone: (41) 3310-4692.

Se houver alguma dúvida sobre a ética da pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UTFPR (CEP), no endereço: Av. Sete de Setembro, nº 3165, Rebouças. CEP 80230-901. Telefone: (41) 3310-4943 (41) 3310-4844, E-mail: coep@utfpr.edu.br.

É garantido aos voluntários a liberdade da retirada do consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo.

8. Ressarcimento ou Indenização

Não há compensação financeira ou despesas relacionadas à sua participação no estudo. A sua participação será de forma voluntária, caso concorde.

b) CONSENTIMENTO (do sujeito de pesquisa ou do responsável legal – neste caso anexar documento que comprove parentesco/tutela/curatela)

Eu discuti com a educadora física Vanessa Cristina Haack, sobre a minha decisão em participar desse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo “UTILIZAÇÃO DE BIOFEEDBACK POR MEIO DE CO₂ EXALADO PARA ANÁLISE DE INDIVÍDUOS OBESOS E COM SOBREPESO NA PRÁTICA DE ATIVIDADE AERÓBIA”, os procedimentos a serem realizados, os possíveis desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é voluntária. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que possa ter adquirido.

Curitiba _____/_____/_____

Assinatura do voluntário ou representante legal

Educadora Física Vanessa Cristina Haack
CREF 007349-G/PR

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

APÊNDICE B

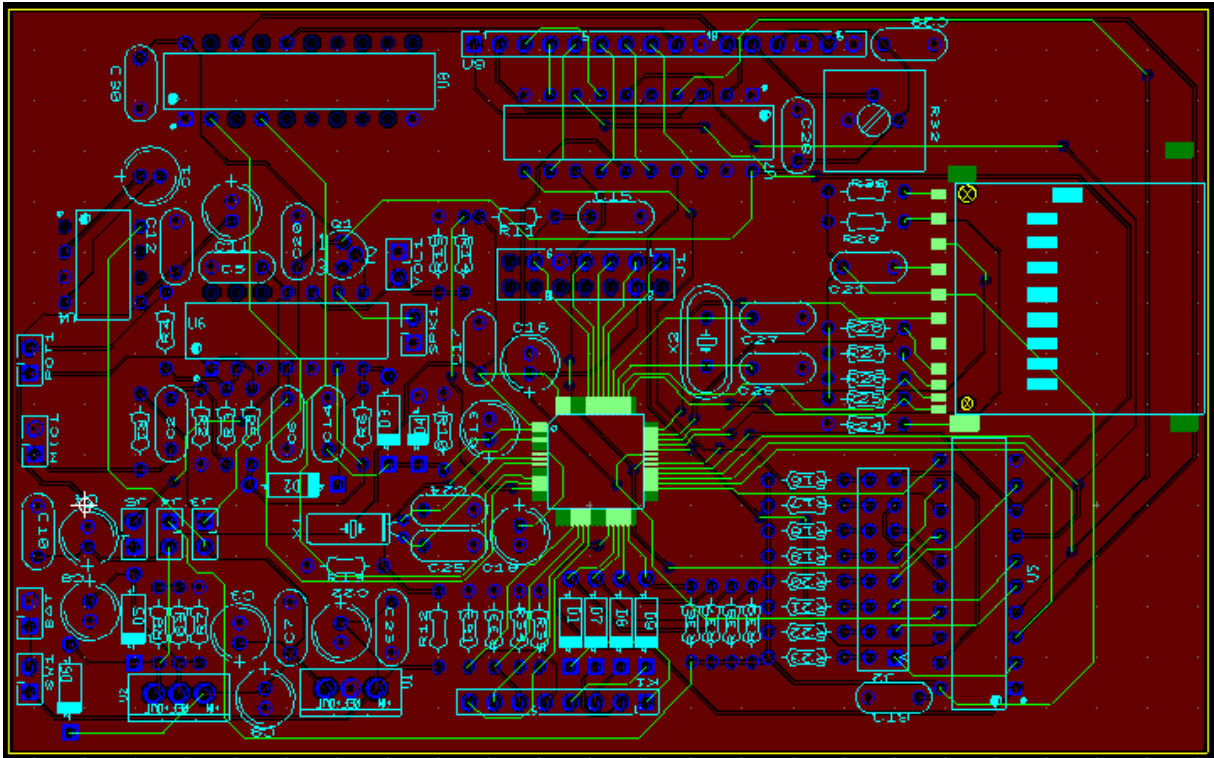


Figura 17- Camadas superior, inferior e serigrafia da placa roteada.

APÊNDICE C

Configuração do *Timer*

```
void Inicializa_Buzzer(void)
{
    P1SEL |= BIT2;
    // Seleciona o bit 2 da porta 1 como função alternativa
    P1DIR |= BIT2;
    // Seleciona o bit 2 da porta 1 como pino de saída
    TACCTL1 = OUTMOD_4 + CCIE;
    // OUTMOD_4 -> Seleção do modo de contagem
    // CCIE -> Geração de interrupção ao término da contagem
    TACCR1 = FREQ_ATUAL;
    // Valor do reload ao término da contagem
    TACTL = TASSEL_1 + MC_2 + TAIE;
    // TASSEL_1 -> Fonte do clock ACLK
    // MC_2 -> Modo recontagem até atingir o TACCR1
    // TAIE -> Habilita interrupção de término de contagem
    Atualiza_Freq(0);
}
```

APÊNDICE D

Configuração do ADC

```

void Inicializa_ADC(void)
{
    leitura_sinal=0;
    leitura_bateria=0;
    delay_niveis=0;
    delay_niveis_display=0;
    Ultimo_Nivel=0;

    P6DIR &= ~(BIT3+BIT5);
    // Seleciona direção de entrada dos bits 3 e 5
    P6SEL |= BIT3+BIT5;
    // Seleciona função alternativa (ADC) para os bits 3 e 5
    ADC12CTL0 &= ~(ENC);
    // Desliga o ADC para configuração
    ADC12MCTL0 = INCH_3;
    // INCH_3 -> Preenche com leitura do canal A3
    ADC12MCTL1 = INCH_5 + EOS;
    // INCH_5 -> Preenche com leitura do canal A5
    ADC12IE = 0x0001;
    // Habilita interrupção das memórias 0,1,2,3

    ADC12CTL1 = ADC12SSEL_0 +      // Clock interno do 5MHz
                CONSEQ_3 +        // Repete sequência de
canais
                ADC12DIV_2 +      // 5MHz/8 = ~625kHz
                SHS_0 +           // Disparo por
software
                SHP;              // Sample & Hold por
tempo

    ADC12CTL0 = SHT0_6 + MSC + ADC12ON;

```

```
// Inicializa o ADC  
}
```

APÊNDICE E

Exemplo de programação orientada a eventos no Matlab.

```
function salva_infos_Callback(~, ~, handles)
% hObject handle to salva_infos (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
if numel(handles.paciente{1}) == 1
    warning_txt = 'Cadastre um novo automóvel!';
    warning_title = 'Novo automóvel';
    warndlg(warning_txt, warning_title);
else
    if handles.automovel{3} == 0
        AmostraAutomovel{7} = 'Nenhuma anotação adicionada.';
    else
        AmostraAutomovel{7} = handles.automovel{2};
    end
    AmostraAutomovel{8} = handles.automovel{4};
    save('amostra_automovel.txt', 'AmostraAutomovel');
    warning_txt = 'Informações sobre o automovel salvas!';
    warning_title = 'Salvando informações...';
    warndlg(warning_txt, warning_title);
end
```

APÊNDICE F

Dados da avaliação física



TERRAZUL INFORMÁTICA LTDA.

RUA TEODURETO SOUTO, 444

CAMBUCI

SÃO PAULO

11 - 3272-9305

- SP

Avaliação Física

Dados Cadastrais

Nome SABRINA	Data Nascimento 24/05/1981
Endereço	Telefone
Nome do Avaliador VANESSA HAACK	Data da avaliação 17/06/2013
	Data Reavaliação 15/09/2013

CARO USUÁRIO DO PHYSICAL TEST FOR WINDOWS:

Este espaço foi criado para servir como um canal de comunicação entre você e seu cliente. Nele você pode compor mensagens publicitárias, anunciar eventos, marcar retornos para realização de nova avaliação física ou utilizar para comunicar qualquer outro assunto de seu interesse.

IMPORTANTE:

Para personalizar ainda mais os seus relatórios, você pode alterar o título, o rodapé e os blocos de texto explicativo, acessando a janela de "Configuração do sistema".



TERRAZUL INFORMÁTICA LTDA.

Código do avallado: 0000030 Nome: SABRINA Data da avaliação: 17/06/2013 No.: 01

COMPOSIÇÃO CORPORAL
Índice de Relação Cintura-Quadril
Waist-to-hip ratio

Circunferência da cintura: 81,00 cm

Circunferência do quadril: 112,00 cm

Relação $\frac{\text{cintura}}{\text{quadril}}$: 0,72

Risco: MODERADO

		RISCO ESTIMADO			
	Idade (anos)	Baixo	Moderado	Alto	Muito alto
sexo masculino	de 20 a 29	< 0,83	0,83 a 0,88	0,89 a 0,94	> 0,94
	de 30 a 39	< 0,84	0,84 a 0,91	0,92 a 0,96	> 0,96
	de 40 a 49	< 0,88	0,88 a 0,95	0,96 a 1,00	> 1,00
	de 50 a 59	< 0,90	0,90 a 0,96	0,97 a 1,02	> 1,02
	de 60 a 69	< 0,91	0,91 a 0,98	0,99 a 1,03	> 1,03
sexo feminino	de 20 a 29	< 0,71	0,71 a 0,77	0,78 a 0,82	> 0,82
	de 30 a 39	< 0,72	0,72 a 0,78	0,79 a 0,84	> 0,84
	de 40 a 49	< 0,73	0,73 a 0,79	0,80 a 0,87	> 0,87
	de 50 a 59	< 0,74	0,74 a 0,81	0,82 a 0,88	> 0,88
	de 60 a 69	< 0,76	0,76 a 0,83	0,84 a 0,90	> 0,90

Fonte: Applied Body Composition Assessment, página 82. Ed. Human Kinetics, 1996.



TERRAZUL INFORMÁTICA LTDA.

Código do avaliado: 0000030 Nome: SABRINA Data da avaliação: 17/06/2013 No.: 01

COMPOSIÇÃO CORPORAL**Protocolo de Pollock (3 dobras)**

DADOS COLETADOS		RESULTADOS	
Peso atual:	86,00 kg	% Gordura ideal:	21,00 %
Altura:	170,00 cm	% Gordura atual:	39,62 %
Dobra torácica:	0,00 mm	Peso gordo:	34,07 kg
Dobra abdominal:	0,00 mm	Peso magro:	51,93 kg
Dobra tricipital:	37,80 mm	Peso desejável:	65,73 kg
Dobra supra-iliaca:	32,30 mm	Peso residual:	17,97 kg
Dobra da coxa:	45,50 mm		
		ICQ: 0,72 MODERADO	

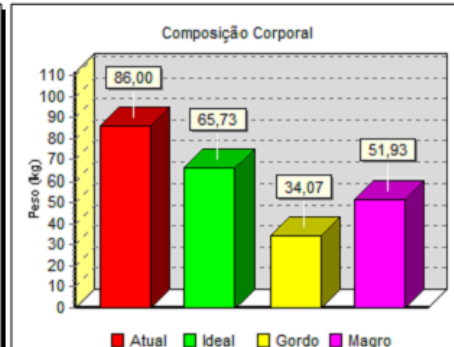
VALORES ANTROPOMÉTRICOS:

Para reduzir seu peso corporal é necessário:

- praticar atividades cardiorespiratórias com baixa intensidade e duração prolongada (por volta de 30 a 45 minutos) e exercícios de resistência muscular localizada, que envolvam grandes grupos musculares.
- reduzir ou substituir da dieta atual as frituras, doces, refrigerantes e gorduras de origem animal em excesso.

Para aumentar seu peso corporal é necessário:

- praticar atividades de grande sobrecarga, como por exemplo a musculação. A musculação promove aumento da massa muscular e consequentemente o aumento do perímetro do segmento.

**PERÍMETROS (em cm)**

		Direito(a)	Esquerdo(a)	Direito(a)	Esquerdo(a)	
Tórax:	95,00	Antebraços:	26,00	25,00	0,00	0,00
Cintura:	81,00	Braços:	34,00	32,50	0,00	0,00
Abdome:	95,50	Coxas:	66,00	63,00	0,00	0,00
Quadril:	112,00	Panturrilhas:	45,00	44,00	0,00	0,00

PADRÃO DE PONTOS ANATÔMICOS

Pollock McArdle Lohman Outro

PERÍMETROS:

Correspondem aos perímetros máximos de um segmento corporal. A atividade praticada pode alterar estas medidas. A musculação, por exemplo, promove aumento da massa muscular e, consequentemente, o aumento do perímetro do segmento. Atividades cardiorespiratórias, por sua vez, podem reduzir as medidas de determinados perímetros corporais, através de maior mobilização de gordura localizada.

APÊNCIDE G

Avaliação Cardiorrespiratória. Teste de esforço submáximo – Protocolo de Astrand



TERRAZUL INFORMÁTICA LTDA.

Código do avaliado: 0000030 Nome: SABRINA Data da avaliação: 17/06/2013 No.: 01

CONSUMO DE OXIGÊNIO

AValiaÇÃO DA CAPACIDADE CARDIORRESPIRATÓRIA

Protocolo de Åstrand (cicloergométrico)

Carga 1 50,00 Watts Carga 2 0,00 Watts <table border="1"> <thead> <tr> <th>FC</th> <th>PA</th> <th>PE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>154</td> <td>155/74</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>169</td> <td>168/69</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>179</td> <td>158/18</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>183</td> <td>/</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>181</td> <td>178/34</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	FC	PA	PE	154	155/74	0	169	168/69	0	179	158/18	0	183	/	0	181	178/34	0	Legenda FC = Frequência cardíaca PA = Pressão arterial PE = Percepção de esforço
FC	PA	PE																	
154	155/74	0																	
169	168/69	0																	
179	158/18	0																	
183	/	0																	
181	178/34	0																	
Frequência cardíaca em repouso: 85 bpm Pressão arterial em repouso: 110/80 mmHg VO₂ máximo: 0,95 l/min VO₂ corrigido pela idade: 0,95 l/min VO₂ corrigido pelo peso: 11,04 ml/kg/min VO₂ máximo previsto: 32,92 ml/kg/min Déficit Aeróbio Funcional: 66,5 % Classificação: FRACO																			
<p style="text-align: center;">Avaliação Cardio-respiratória</p> <table border="1"> <caption>Gráfico de Avaliação Cardio-respiratória</caption> <thead> <tr> <th>Tempo (min)</th> <th>Frequência (bpm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1'</td> <td>154</td> </tr> <tr> <td>2'</td> <td>169</td> </tr> <tr> <td>3'</td> <td>179</td> </tr> <tr> <td>4'</td> <td>183</td> </tr> <tr> <td>5'</td> <td>181</td> </tr> </tbody> </table>	Tempo (min)	Frequência (bpm)	1'	154	2'	169	3'	179	4'	183	5'	181	FREQÜÊNCIA CARDÍACA DE TRABALHO (ZONA ALVO) de <input type="text" value="0"/> a <input type="text" value="0"/> (em bpm) de <input type="text" value="0"/> a <input type="text" value="0"/> (em bp 15 segundos)						
Tempo (min)	Frequência (bpm)																		
1'	154																		
2'	169																		
3'	179																		
4'	183																		
5'	181																		

CAPACIDADE CARDIORRESPIRATÓRIA (Consumo de Oxigênio):

É a quantidade de oxigênio que um indivíduo consegue captar e metabolizar durante a atividade física. O consumo de oxigênio se comporta de maneira diferente quanto a idade, sexo e constituição corporal; pode diminuir por falta de atividade cardiorrespiratória, como também pode aumentar após um período de treinamento específico.

Através do cálculo do VO₂ previsto criamos um subsídio informativo sobre as condições em que se apresenta o avaliado. Obtendo assim parâmetros de melhora a ser alcançado. O déficit Aeróbio Funcional (FAI) atua como um indicador em termos de percentuais do quanto o avaliado está acima ou abaixo de se VO₂ esperado, sendo mais fácil demonstrar ao avaliado o grau de sua condição física.