

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

NATHALYA DE CARVALHO AVELINO

**CARACTERÍSTICAS E EFEITOS DA MÚSICA NO DESEMPENHO DE
ATLETAS DURANTE O EXERCÍCIO FÍSICO**

TESE DE DOUTORADO

**DOUTORADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU**

São José dos Campos, maio/2018

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

NATHALYA DE CARVALHO AVELINO

**CARACTERÍSTICAS E EFEITOS DA MÚSICA NO DESEMPENHO DE
ATLETAS DURANTE O EXERCÍCIO FÍSICO**

TESE DE DOUTORADO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Biomédica - Doutorado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Osmar Pinto Neto

São José dos Campos, maio/2018

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

NATHALYA DE CARVALHO AVELINO

**CARACTERÍSTICAS E EFEITOS DA MÚSICA NO DESEMPENHO DE
ATLETAS DURANTE O EXERCÍCIO FÍSICO**

TESE DE DOUTORADO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Biomédica - Doutorado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica.

Aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

Prof. Dr. Osmar Pinto Neto

Orientador

Doutorado em Engenharia Biomédica

Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. José Benedito Oliveira Amorim (externo)

Universidade Estadual Paulista - UNESP

Prof. Dr. Fabricio Luiz Silveira (externo)

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI

Prof. Dr. Leandro Procópio Alves (interno)

Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Rodrigo Alexis Lazo Osório (interno)

Universidade Anhembi Morumbi

São José dos Campos, maio/2018

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da Universidade, do autor e do orientador.

NATHALYA DE CARVALHO AVELINO

Musicoterapeuta, mestre em Bioengenharia. Compõe a diretoria da Associação Brasileira das Associações de Musicoterapia (UBAM). Coordenadora Nacional do Curso de Especialização em Musicoterapia – Faculdade Censupeg. Atua na área de reabilitação, com investigação baseada em Musicoterapia Biomédica.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca UAM
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

948c Carvalho Avelino, Nathalya
Características e efeitos da música no desempenho de atletas durante exercício físico / Nathalya Carvalho Avelino. - 2018.
83f. : il.; 30cm.

Orientador: Osmar Pinto Neto .
Tese (Doutorado em Doutorado em Engenharia Biomédica) - Universidade Anhembi Morumbi, São José Dos Campos, 2018.
Bibliografia: f.66

1. Engenharia Biomédica. 2. Musicoterapia Biomédica. 3. Rendimento. 4. Exercício Físico.
CDD 613.7

DEDICATÓRIA

À Deus, como equilíbrio de tudo em minha vida.

À minha família, um dos motivos para não desistir;
Aos colegas e amigos musicoterapeutas do Brasil;

A todos àqueles que usam a ciência para entender os efeitos da música no corpo humano.

Ao meu amigo Rafael, pela inspiração.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Anhembi Morumbi, na pessoa do Prof. Dr. Renato Zangaro pelo apoio incondicional quando mais precisei. Serei eternamente grata!!!

À CAPES, pelo apoio e incentivo financeiro na primeira etapa do programa.

Aos professores Dr. Ovidiu Baltatu, Dr^a Luciana Campos, Dr. Renato Aparecido e Dr. José Amorim por terem acrescentado tanto nessa jornada.

Aos musicoterapeutas e amigos Mariane Oselame, Camila Gonçalves e Marcello Santos pelas contribuições e discussões sobre o que acreditamos, a musicoterapia.

Aos professores da Universidade Anhembi Morumbi por compartilharem e acompanharem o processo de pesquisa e aulas. À Nídia, por todo apoio e disponibilidade aos assuntos referentes a secretaria. Aos professores que, gentilmente, compuseram as bancas de qualificação e defesa, agregando conteúdo e correções.

À Faculdade CENSUPEG, minha casa profissional, por todo apoio e compreensão nas ausências. Tenho orgulho de fazer parte desse time.

Ao meu orientador, Dr. Osmar Pinto Neto, mesmo que eu buscasse, não acharia palavras para expressar a minha gratidão. Jamais esquecerei!!!

Aos atletas e funcionários da Arena 235 por fazerem o processo de coleta de dados ainda mais enriquecedor, em especial ao Geraldo Magalhães e ao Wellington Pedroso.

Aos meus amigos Andreson Dourado e Henrique Silva pela parceria de sempre e por toparem analisar as minhas ideias com música. Ao Silvio e Michel, pelas dicas de coletas.

Aos Drs. Charles Serednicki e Flávio Santos, por me acompanharem e cuidarem com tanta destreza de minha saúde mental. Ao Jefferson Alves por auxiliar e me apoiar em um dos dias mais difíceis.

À Salma que me acolheu como família por aqui, sendo a pessoa referência em qualquer momento.

Aos meus amigos Andreia e Audiel, por serem quem são para mim. Juntos sempre!! E a minha amiga/irmã Leiliane, por aceitar o desafio de mudança e enfrentar tudo em parceria, pelo cuidado e companheirismo, sua amizade é essencial na minha vida. Ao Estevam, por estar na minha vida, há equilíbrio em tudo, obrigada por ser quem eu sempre quis, pela proteção, descanso e por me fazer tão bem.

Ao meu “irmão” Luciano. Estou cruzando a linha de chegada dessa jornada carregando comigo tudo aquilo que você acreditou, investiu e apoiou na largada. Devo muito a você, gratidão eterna!!!

Às minhas maninhas, Vivian e Victória, por serem minhas revisoras lindas. E a toda minha família que se faz tão presente mesmo estando longe, a todos meu muito obrigada. Mãe e pai, avós, tios e tias, primos e primas, eu amo vocês!!!

A Deus, por equilibrar a minha vida e todas as ações para que hoje eu viva esse momento, onde a ciência complementa a minha fé. Em mais essa conquista acadêmica, peço que nunca me deixes esquecer que tudo o que tenho, tudo o que sou e o que eu vier a ser, vem de Ti Senhor.

"A música e a pesquisa em física originam-se de fontes diferentes, mas são intimamente relacionadas e ligadas por um fio comum, que é o desejo de exprimir o desconhecido. As reações divergem, mas os resultados são complementares".

Albert Einstein

RESUMO

O ritmo musical pode intervir nas respostas motoras durante movimentos repetitivos, e ainda influenciar o tempo de movimento. Os objetivos deste estudo consistiram em detectar os efeitos da música na performance de remo indoor durante o exercício físico anaeróbico; medir os níveis de concentração de lactato sanguíneo após tiros de remo indoor; avaliar os padrões cardiovasculares controlados pelo sistema nervoso autonômico por meio da variabilidade da frequência cardíaca; avaliar as características rítmicas musicais correlacionadas à atividade autonômica durante a prática de remo indoor. Esta foi uma pesquisa do tipo experimental, com estudo hipotético-dedutivo e randomizado. Participaram do estudo, 30 voluntários. Os indivíduos foram submetidos a 4 testes em um remo indoor, sendo 3 tiros de 1 minuto, seguido de 2000 metros, com intervalo de 2 minutos para a coleta de lactato. Os resultados demonstraram diferenças de variação de lactato quando comparadas duas situações diferentes, intragrupo e intergrupo. Quando avaliados os dados intragrupo, a concentração de lactato foi maior ao utilizar a música do voluntário como estímulo sonoro ($p < 0.05$). Houve correlação entre o nível de lactato e a distância percorrida durante a audição da Música do Voluntário, com voluntário que apresentaram VO_{2Max} acima de 50. Os achados nas análises dos dados intergrupos indicaram diferença significativa na concentração de lactato somente entre os grupos Sem Estímulo Sonoro e Música Relaxante ($p < 0.05$). Os resultados intergrupos sugerem que a música relaxante tem menos efeito na perda de calorias, no ganho tempo e na potência quando comparado ao grupo Sem Estímulo Sonoro e Música do Voluntário ($p < 0.05$).

Palavras-chave: Engenharia Biomédica. Música. Musicoterapia. Lactato. Frequência Cardíaca.

ABSTRACT

The musical rhythm can intervene in the motor responses during repetitive movements, and still influence the movement time. The objectives of this study were to detect the effects of motivational music on heart rate variability and blood lactate concentration levels during exercise; gauge blood lactate concentration levels after indoor rowing shots; to identify cardiovascular patterns controlled by the autonomic nervous system through heart rate variability; to evaluate the rhythmic musical characteristics correlated to the autonomic activity during indoor rowing practice. This was an experimental study, with a hypothetical-deductive and randomized study. Thirty volunteers participated in the study. The subjects were submitted to 4 tests in an indoor paddle, being 3 shots of 1 minute, followed by 2000 meters, with a 2 minute interval for the collection of lactate. The results showed differences in lactate variation when compared to two different situations, intragroup and intergroup. When the intragroup data were evaluated, the lactate concentration was higher when using the volunteer's music as a sound stimulus ($p < 0.05$). There was a correlation between the lactate level and the distance traveled during the Volunteer Music hearing, with volunteers who presented VO_{2Max} above 50. The findings in the intergroup data analysis indicated a significant difference in lactate concentration only between the No Stimulus and Relaxing music ($p < 0.05$). Intergroup results suggest that relaxing music has less effect on calorie loss, gain time and potency compared to No Stimulus and Volunteer Music ($p < 0.05$).

Keywords: Biomedical Engineering. Music. Music Therapy. Lactate. Heart rate.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS.....	17
1.1.1	Geral	17
1.1.2	Específicos.....	17
1.3	HIPÓTESES	17
2.	MUSICOTERAPIA BIOMÉDICA: ESTADO DA ARTE	18
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
3.1.	Estrutura Sonora e Musical	23
3.2.	Identidade Sonora.....	26
3.3.	Sincronismo Biológico-musical.....	27
3.4.	O uso da Música no Esporte	29
3.5.	Biomecânica do Remo	30
3.6.	Medidas.....	33
3.6.1.	Lactato	33
3.6.2.	Variabilidade da Frequência Cardíaca	35
4.	METODOLOGIA	38
4.1	. População/Amostra	38
4.1.1.	Critérios de Inclusão	39
4.1.2.	Critérios de Exclusão	39
4.1.3.	Considerações Éticas	39
4.2.	Protocolo	39
5.	RESULTADOS	50
6.	DISCUSSÃO	60
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Efeitos positivo da música e do esporte (Gasenzer et al, 2018)....	20
Figura 2 - Ondas longitudinais e transversais (Lent, 2010).....	21
Figura 3 - Ativação do córtex auditivo e córtex pré-motor ao tocar e ouvir música (Lent, 2010).	22
Figura 4 – Fisiologia da Audição.....	23
Figura 5 - Limiar de audibilidade (Lent, 2010)	24
Figura 6 – Princípios da Musicoterapia Biomédica	25
Figura 7 - Pegada	31
Figura 8 - Impulso	32
Figura 9 – Finalização.....	32
Figura 10 - Recuperação	33
Figura 11 - Estrutura química do ácido láctico e do lactato (Bertuzzi, 2009) ...	34
Figura 12 - Traçado eletrocardiográfico com intervalo RR.....	35
Figura 13 - Mistura de Modalidades de Treinamento.....	38
Figura 14 - Organização do estudo.....	40
Figura 15 - Ambiente e Materiais de Coleta.....	40
Figura 16 - Decibelímetro Hikari HK - 882®	41
Figura 17 - Protocolo Pré-Teste.....	41
Figura 18 - Transmissor Cardíaco – Polar H10 ®.....	42
Figura 19 - Accutrend Plus Roche Aparelho Monitor	42
Figura 20 – Remo Concept 2.....	43
Figura 21 - Bicicleta Ergométrica	43
Figura 22 - Protocolo Teste	44
Figura 23 - Interface gráfica do <i>Kúbios Software</i>	46
Figura 24 - Partitura do Tema da Música Relaxante.....	48
Figura 25 - Média da concentração de lactato entre as fases da coleta de 1 minuto, diferença quando comparado ao grupo Música do Voluntário. Significância = *** p 0,0006; * p 0,0480.	50
Figura 26 - Média da concentração de lactato entre as fases da coleta de 1 minuto, usando a variância entre os indivíduos, diferença quando comparado ao grupo Música do Voluntário. Significância = *** p 0,0006; * p 0,0480	51
Figura 27 - Média da concentração de lactato por ordem de tiro de 1 minuto, diferença quando comparado ao grupo Sem Estímulo. Significância = **** p 0,0001; ##### p 0,0001	51
Figura 28 - Níveis de concentração de lactato por ordem de estímulos sonoros.....	52

Figura 29 - Correlação Lactato vs Distância (Música do Voluntário)	52
Figura 30 - Correlação Lactato vs Média HR (Música do Voluntário)	53
Figura 31 - Correlação Lactato vs Média RR (Música do Voluntário)	53
Figura 32 - Média da distância percorrida nos tiros de 1 minuto, por estímulo sonoro e ordem.....	54
Figura 33 - Média da concentração de lactato entre grupos na coleta de 2km. Diferença quando comparado ao grupo Sem Estímulo. Significância = **p 0,0067	55
Figura 34 - Média de calorias entre grupos na coleta de 2 km. Diferença quando comparado ao grupo Música Relaxante. Significância = *p 0,0429; #p 0,0172.....	55
Figura 35 - Média do tempo entre grupos na coleta de 2 km. Diferença quando comparado ao grupo Música Relaxante. Significância = *p 0,0228; **p 0,0065.....	56
Figura 36 - Média da Potência entre grupos na coleta de 2 km. Diferença quando comparado ao grupo Música Relaxante. Significância = *p 0,0437; #p 0.0176.....	56
Figura 37 - Frequência cardíaca e Andamento quando analisado tonalidade	57
Figura 38 - Frequência cardíaca e Andamento quando analisado gênero musical.....	58
Figura 39 - Frequência cardíaca e Andamento quando analisado a divisão de compasso da música	58
Figura 40 – Cadência do Remo quando analisado a divisão de andamento musical.....	59
Figura 41 - Calorias quando analisado a divisão de andamento musical	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre Neurônio Motor Superior e Neurônio Motor Inferior (Stifani, 2014)	29
Tabela 2 - Parâmetros da VFC no domínio do tempo e seus efeitos cardiovasculares correlacionados com música.....	36
Tabela 3 - Parâmetros da VFC no domínio da frequência e seus efeitos cardiovasculares correlacionados com música.....	36
Tabela 4 - Parâmetros da VFC de medidas não lineares e seus efeitos cardiovasculares correlacionados com música.....	37
Tabela 5 - Classificações de Aptidão Aeróbia (Mcardle et al, 2010).....	45
Tabela 6 - Ordem dos estímulos sonoros (1 minuto)	46
Tabela 7 - Padrões comportamentais durante estímulo musical	49
Tabela 8 - Características físicas e fisiológicas dos indivíduos voluntários ...	50
Tabela 9 - Características físicas e fisiológicas dos indivíduos voluntários ...	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

bpm – batimento por minuto

dB – decibéis

HF – Alta Frequência

Hz – Hertz

IMC – Índice de Massa Corporal

ISO – Identidade Sonora

LF – Baixa Frequência

mmol/l – milimol por litro

MMT – Mistura de Modalidades de Treinamento

MR – Música Relaxante

MV – Música do Voluntário

NMi – Neurônios Inferiores

NMs – Neurônios Superiores

OMS – Organização Mundial da Saúde

PM – Monitor de Desempenho

RR – Intervalo da distância entre duas ondas R no eletrocardiograma

SE – Sem estímulo sonoro

SNA – Sistema Nervoso Autônomo

SNC – Sistema Nervoso Central

SPM – puxadas de remo por minuto

VFC – Variabilidade da Frequência Cardíaca

VO₂Max – Volume de Oxigênio Máximo

1. INTRODUÇÃO

Os tipos de estímulos que podem produzir respostas biomecânicas e as diversas técnicas de medidas agregam linhas de pesquisas da Engenharia Biomédica. Tais linhas buscam desenvolver recursos e estudos que visam compreender efeitos psicofisiológicos tanto no corpo saudável quanto em pessoas acometidas por disfunções. Esta pesquisa teve por objetivo estudar os efeitos da música no desempenho de atletas durante o exercício físico. E foi realizada com 30 voluntários através de estudo hipotético-dedutivo e randomizado. Neste contexto, a música foi pensada como um tipo de droga lícita para melhorar o desempenho no exercício físico (Karageorghis et al, 2012).

A música tem sido usada como componente influenciador no desempenho de atletas. Ritmos acústicos são úteis, principalmente, em esportes de natureza cíclica, como remo, caminhada, ciclismo e corrida.

No ano de 2007 o órgão norte-americano de Atletismo, USA Track & Field, proibiu o uso de fone de ouvido em suas corridas oficiais. A justificativa se deu por preocupações com a segurança e para que o corredor não obtivesse vantagem competitiva, pois achavam necessário nivelar o nível na competição já que os corredores ouvindo música tinham vantagens na pista. O assunto divide opiniões pela particularidade de cada competidor e há poucos estudos que abordam o tema.

Desde os Jogos Olímpicos antigos na Grécia, a música já mostrava um impressionante efeito, onde as palmas e percussão acompanhavam várias modalidades. Na modernidade, a música é parte integrante dos eventos olímpicos, tanto em modalidades como ginásticas e patinação, quanto nas cerimônias de abertura e encerramento (karageorghis, 2016).

Para estudar o efeito da música no desempenho durante o exercício físico, buscou-se a interação entre os ritmos biológicos e musicais, através de três diferentes estímulos sonoros, ao analisar a frequência cardíaca e a concentração de lactato sanguíneo. Para isso, foi analisado se componentes do som e da música podem ser utilizados como alternativa no desempenho durante o exercício físico e na indução do movimento humano.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 *Geral*

- Detectar os efeitos da música na performance de remo indoor durante o exercício físico anaeróbico.

1.1.2 *Específicos*

- Medir os níveis de concentração de lactato sanguíneo após tiros de remo indoor.
- Avaliar os padrões cardiovasculares controlados pelo sistema nervoso autonômico por meio da variabilidade da frequência cardíaca.
- Avaliar as características rítmicas musicais correlacionadas à atividade autonômica durante a prática de remo indoor.

1.2 TESE

O som é uma onda mecânica

A transdução sonora transforma a energia mecânica em elétrica

A energia elétrica é conduzida ao córtex sensorial

O córtex sensorial gera estímulo motor

Logo, o som induz ao movimento.

1.3 HIPÓTESES

O uso de músicas com frequências sonoras auto selecionadas pode interferir no estágio de lactato e no desempenho de atletas. Há possibilidade deste procedimento viabilizar o desvio de atenção da fadiga para a escuta musical e regular o padrão rítmico durante a atividade.

2. MUSICOTERAPIA BIOMÉDICA: ESTADO DA ARTE

A musicoterapia biomédica estuda os fundamentos neurobiológicos da música e sua ação no cérebro. Os efeitos biomédicos da música são estudados devido à fusão de linhas de investigação da neurociência, musicologia, medicina e psicologia integradas com outras disciplinas como engenharia, matemática e física. Isso tem tornado a prática da musicoterapia reconhecida como uma disciplina de reabilitação (Thaut, 2005).

Os princípios da Teoria Biomédica da Musicoterapia (Taylor, 2010) correspondem à ativação de áreas do tecido nervoso no cérebro por meio da música, sendo essencial na realização de tarefas específicas e na contrafação do padrão de impulso neural no cérebro, com influência motora, alterando o funcionamento do que seria sem música.

A música como terapia está abalizada em antigas crenças transcíclicas de que a música poderia apresentar efeito "curativo" na mente e no corpo. Em uma revisão histórica, considerou-se que as explicações sobre os mecanismos terapêuticos da música, geralmente, incluíam situações de base cultural e social e, ainda, por influência de visão e compreensão dos conceitos e causas das doenças (Thaut, 2015).

Ao analisar a história da musicoterapia desde as culturas pré-alfabetos até tempos modernos, Thaut (2015) pode diferenciar cinco teorias e aplicações da musicoterapia, sendo a música em condições sobrenaturais nas quais, a partir de opiniões sobre doenças causadas por forças sobrenaturais, a função de cura da música é indireta, usada para pedir cura através de comunicação especiais com forças mágicas: a música na ciência inicial, quando as causas da doença não são vistas em termos mágicos ou religiosos, mas como um modelo da física do universo; ouvir música trazer a ordem e a harmonia do universo para a alma e a mente perturbadas, além de fortalecer a educação e o caráter; a música na medicina racional, onde as qualidades afetivas da música também podem induzir estados emocionais negativos, como depressão ou sofrimento; a música em modelo fisiológico de cura, em que a ciência e a medicina barrocas fornecem um modelo de cura através dos efeitos das propriedades físicas musicais na fisiologia do corpo e da mente através

das vibrações; por fim, a música em modelo psicológico de cura, que também baseada no modelo barroco citado anteriormente, porém com o efeito terapêutico da música nas propriedades afetivas para estimular sentimentos e emoções apropriados para tratamento de doenças psicológicas (Thaut, 2015).

A função da música como terapia e na medicina está passando por transformações cuja base está em pesquisas neurocientíficas. Essas pesquisas têm mostrado os fundamentos neurobiológicos da música no cérebro, que resulta em mudança de comportamento cerebral. Isso fundamenta a musicoterapia como uma modalidade de tratamento central na reabilitação física, cognitiva, comportamental e social (Thaut, 2005) e ainda no alívio dos sintomas em uma ampla variedade de condições clínicas e psicológicas, sendo usada no controle dos estados emocionais (Avers *et al.*, 2007). As mudanças dessas condições físicas e psicológicas podem ser proeminentes da música na vida quotidiana, a qual tem habilidade de suscitar emoções. No entanto, o reconhecimento emocional está relacionado ao conteúdo de música usada na terapia, nas características contextuais do indivíduo e nas propriedades de diferentes modalidades musicais. (Barthet, 2012).

A musicoterapia tem sido estudada na redução do estresse e resposta imune, sendo considerada uma adição importante às modalidades terapêuticas farmacológicas no aprimoramento da resposta imune e na redução dos níveis de estresse (Avers *et al.*, 2007).

Um estudo com 54 indivíduos no Centro de Pesquisa Biomédica no Colorado não encontrou diferença significativa ao comparar o quadro de depressão ao ouvir música escolhida pelo paciente e música escolhida pelo pesquisador (Thaut; Davis, 1993). A análise de movimento comportamental, através do andamento rítmico, sugere que pode haver alteração tanto no tempo de movimento, quanto na melhora dos parâmetros de espaço e de força. Além disso, o estudo identificou que, na reabilitação cognitiva e da fala, o andamento rítmico temporal atua de forma significativamente positiva. Tais descobertas serviram de base para o estudo da musicoterapia neurológica (Thaut, 2015).

Intervenções biomédicas da música têm sido estudadas na plasticidade cerebral (Bangert *et al.*, 2006), em Unidade de Terapia Intensiva Neonatal

(Shoemark, et al, 2015); em pessoas com esquizofrenia (Pedersen, 2016); com Alzheimer (Beard, 2012); com AVC (Thaut, 1993), entre outras doenças. No entanto, a função do andamento rítmico no movimento começou a ser estudada apenas no início dos 90. A partir desse período, pesquisas têm sugerido que padrões rítmicos auditivos podem alterar movimentos disfuncionais no ser humano (Thaut, 1999).

O uso da música em conjunto com o esporte produz vários efeitos que influenciam de forma positiva as situações práticas no cotidiano dos seres humanos, bem como nas ocorrências psicológicas e fisiológicas (Gasenzer et al, 2018) (Figura 1).

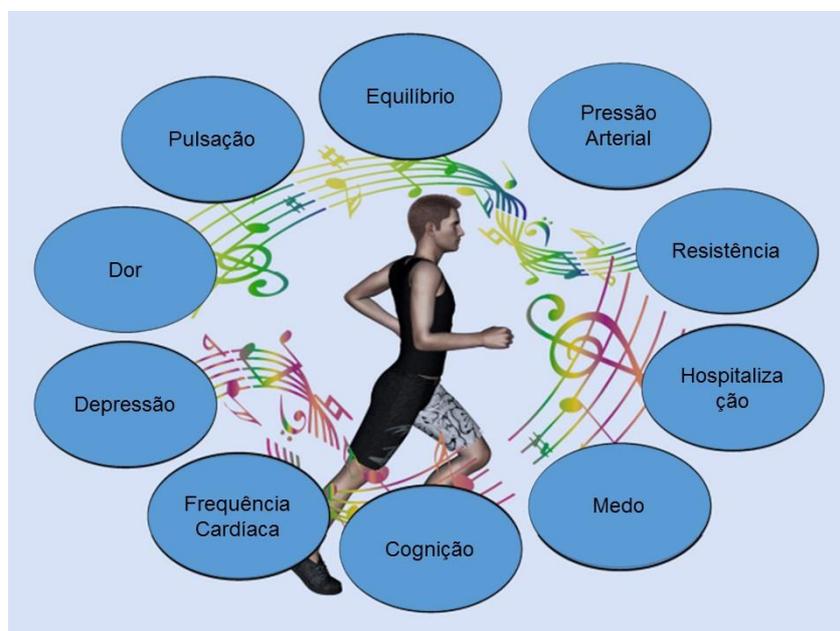


Figura 1 - Efeitos positivo da música e do esporte (Gasenzer et al, 2018)

A música envolve inúmeras partes do corpo humano, inclusive os processos fisiológicos como a respiração, a circulação sanguínea e o metabolismo. Esses processos físico-fisiológicos se tornam cada vez mais estudados, a fim de construir teses e argumentos sobre a importância da música e da teoria musical na medicina de reabilitação e do esporte (Gasenzer et al, 2018).

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O som pode ser aplicado na reabilitação de funções motoras, em aspectos motivacionais e na indução de relaxamento. O uso planejado dos sons pode influenciar musicalmente no funcionamento do cérebro e essas capacidades humanas podem ser aprimoradas por meio da musicoterapia biomédica (Taylor, 2010).

A audição é a capacidade de perceber os sons. Ocorre quando partículas do ar vibram no espaço. Ao vibrar na mesma direção da propagação, são chamadas de ondas sonoras longitudinais, e ao vibrar em direção perpendicular, ondas transversais (Figura 2) (Lent, 2010).

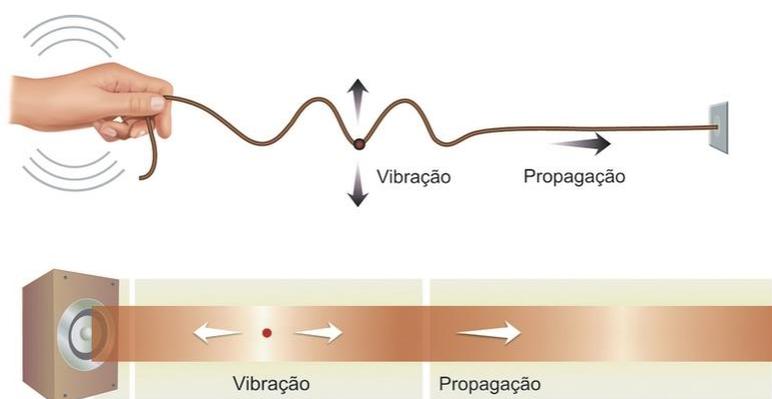


Figura 2 - Ondas longitudinais e transversais (Lent, 2010)

Quando um indivíduo ouve um ritmo e acompanha-o com os pés, há associação audiomotora possibilitada pela via auditiva dorsal. Quando se aprende a tocar uma melodia simples em um instrumento, a atividade neural das áreas auditivas e motoras aumentam, sendo que, ao ouvir o que executou, há maior ativação nas áreas auditivas e quando toca sem ouvir, no córtex motor (Figura 3) (Lent, 2010).

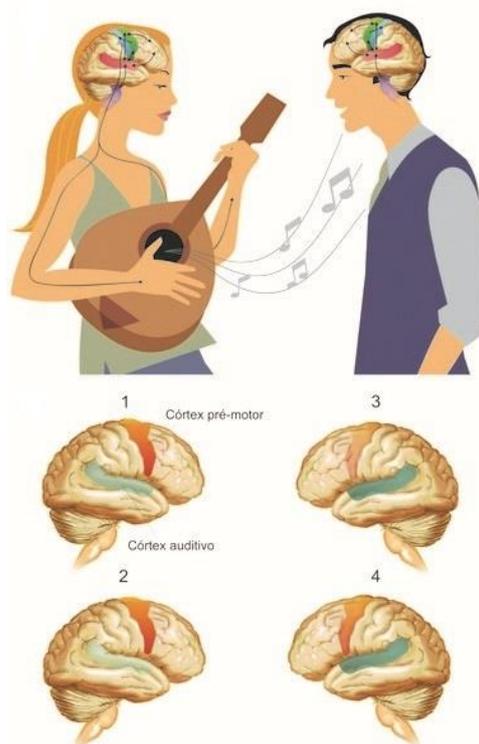


Figura 3 - Ativação do córtex auditivo e córtex pré-motor ao tocar e ouvir música (Lent, 2010)
 1. As regiões auditivas e motoras ativadas quando toca e ouve, 2. As regiões auditivas são menos ativadas quando há obstrução dos ouvidos enquanto toca, 3. O córtex auditivo predomina quando apenas escuta, 4. A atividade do córtex pré-motor aumenta quando o ouvinte acompanha o ritmo com o corpo.

O senso rítmico primitivo, somado ao conhecimento matemático e de biologia humana, pode explicar as frequências de ritmo quando guiado por andamento rítmico musical. Isso acontece através de ligação entre percepção e ação, que permitem a interação do rítmico musical com o sistema motor (Martens, 2015).

Já a cinesiologia baseada na percepção rítmica musical aponta que a base da música (ritmo e frequência dominante) influencia o movimento humano (Toiviainen, 2010). Por isso, música e movimento estão inteiramente acoplados, seja no ato de produzir música ou durante as consequências da percepção rítmica nos sistemas circulatório e neuromotor. Esta interação é importante durante a movimentação espontânea (Clarke, 2005) que, através do uso de instrumentos musicais controlados por uma cadência rítmica, pode resultar significativamente no ganho de movimentos de flexão, extensão e força de membros superiores (Avelino, 2014).

3.1. Estrutura Sonora e Musical

O som é uma onda mecânica de 20hz a 20khz, e sua transmissão é feita pela partícula física fônon (Maldovan, 2013). O som se propaga com a vibração de moléculas no ar e possui quatro principais características, são elas: frequência, representada em Hertz (Hz), caracteriza a altura de um som, como grave, médio ou agudo; a amplitude, é expressa em decibéis (dB) e está associada à energia e pressão sonora, como som forte e fraco); a duração, é o tempo de emissão; e timbre, caracterizado pelas diferenças de amplitude dos sons harmônicos, aqueles de frequências múltiplas comparado à frequência do som fundamental (Figura 6(a)). O processo fundamental da audição é a transformação do som em impulsos elétricos nervosos e ocorre quando há captação do som pelo canal auditivo externo (Figura 4). Depois de captado, percorre o canal auditivo e alcança a membrana do tímpano, que vibra de acordo com a frequência e amplitude do som (Med, 1996). As vibrações da membrana timpânica são transmitidas pelos ossículos do ouvido médio (martelo, bigorna e estribo) para a janela vestibular da base do estribo. A transdução de energia mecânica para energia elétrica ocorre no órgão de Corti, localizada ao longo e sobre a membrana basilar. Essa estimulação vai provocar impulsos nervosos que serão levados pelo nervo auditivo até ao córtex auditivo (Reed, Gerbino, 1994).

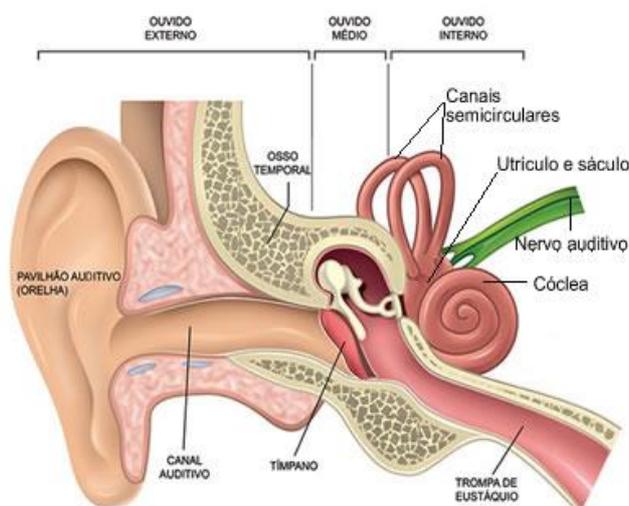


Figura 4 – Fisiologia da Audição

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/doencas/labirintite.htm>

Para determinar o espectro audível de uma pessoa, é necessário definir a intensidade mínima do som que ela é capaz de perceber, chamado de limiar de audibilidade (Figura 5), correspondente a 10^{-12} W/m^2 e o limiar de dor, nível máximo de intensidade audível sem danos fisiológicos ou dor, correspondente a 1 W/m^2 . Quando tal limiar é ultrapassado, pode ser considerado como nocivo à saúde, podendo causar aumento da pressão arterial, estresse, insônia, baixa concentração e perda auditiva (Boasczik et al, 2014). Deste modo, para um tom de referência de 1000 Hz, as intensidades que ouvimos é de 120 dB (lazzetta, 2010). Decibel (dB), popularmente chamada de volume, é uma unidade de medida logarítmica Bel, comumente usada devido à magnitude das mudanças ser muito grande (Leighton, 2007). Essa relação logarítmica ocorre entre duas potências ou intensidades, simplificando numericamente a referência em watt/m^2 (lazzetta, 2010):

Limiar de audibilidade	$10 \log (10^{-12}/10^{-12}) = 10 \log 1 = 0 \text{ dB}$
Limite de dor	$10 \log (1/10^{-12}) = 10 \log 10^{12} = 120 \text{ dB}$

Frequências abaixo do espectro audível são chamadas de infrassons, e acima deste limiar, ultrassons.

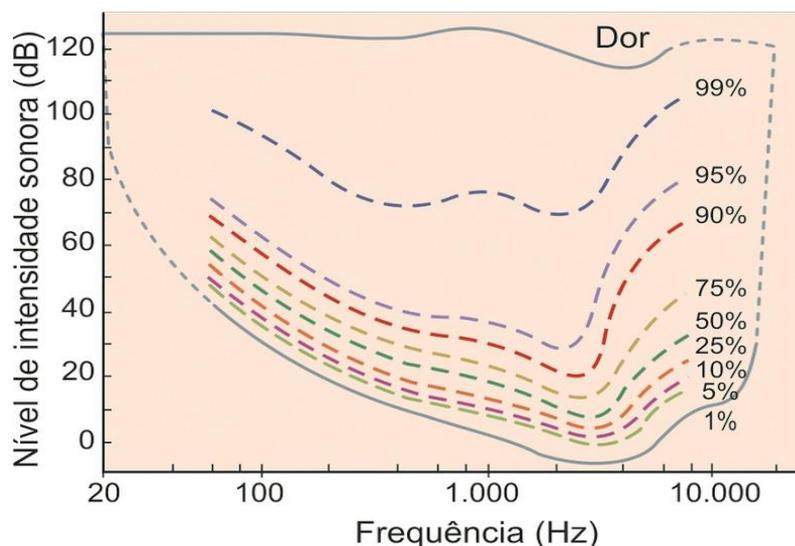


Figura 5 - Limiar de audibilidade (Lent, 2010)

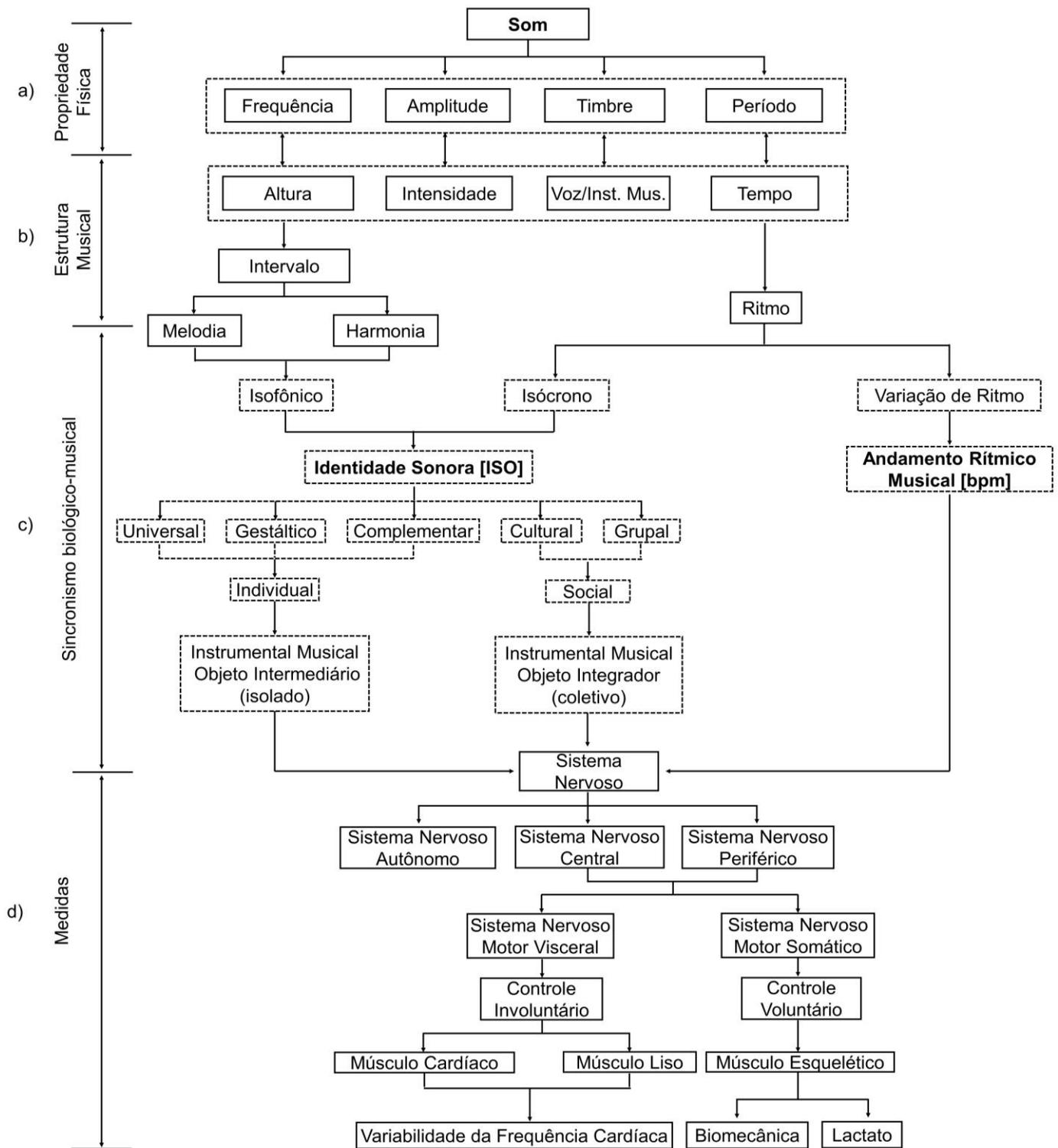


Figura 6 – Princípios da Musicoterapia Biomédica

Por sua vez, o som pode ser representado, na notação musical, por sinais que representam a escrita musical: altura, que resulta na melodia e harmonia; duração, que deriva o ritmo; intensidade, que conduz o dinamismo sonoro; timbre, que diferencia os sons das vozes e dos instrumentos musicais (Med, 1996) (Figura 6 (b)). Este conjunto de representações é responsável pelos estímulos auditivos, táteis, visuais e motores sentidos pelo corpo humano quando exposto à música (Silva et al, 2014). Juntos, compõem os três elementos fundamentais da música, dirigida pelo andamento rítmico (Gramani, 1996).

O andamento rítmico musical é representado por batimentos por minuto [bpm], e advém da repetição rítmica chamada de pulso ou batida. Isso induz o indivíduo a realizar movimentos involuntários, havendo isocronismo entre o andamento rítmico musical e o biológico (Madison, 2006) (Figura 6 (c)).

O andamento rítmico musical determina a variação dos movimentos musculares. A melodia e harmonia são elementos da música que proporcionam a assimilação da identidade sonora (ISO) do indivíduo. O princípio de ISO postula que pacientes possam alterar seu estado de humor através da identificação sonora estimulada (Mehr, 2012; Ratcliffe et al, 2014).

3.2. Identidade Sonora

O princípio de ISO baseia as técnicas não-verbais, fundamentalmente a musicoterapia. Definido como identidade sonora, ISO vem da palavra grega, *ISOS*, que significa “igualdade” e possui dois termos que a definem: *Isócrono* (*cronos*; tempo) que se executa em tempos iguais, e *Isofônico*, em que o som é apreciado com a mesma sonoridade (Benenson, 1988).

Existem cinco tipos de identidade sonora na musicoterapia (Figura 6 (c)): a Universal, que é caracterizada como a identidade sonora dos seres humanos, independente dos contextos social e cultural, como os sons biológicos; a Gestalt que, por sua vez, caracteriza o indivíduo, permitindo que o terapeuta encontre o canal de comunicação do paciente; a Complementar é relacionada a pequenas mudanças ocorridas no dia a dia, efeito de circunstâncias de ambiente específico, que acontecem a partir de um momento

curto, motivado por circunstâncias momentâneas; a Cultural, é parte da identidade sonora de um produto de determinado grupo que tem sua cultura musical e sonora, manifestada e compartilhada; e a Grupal, ligada ao meio social em que o indivíduo se integra (Benenzon, 1985).

As identidades sonoras Universal, Gestáltica e Complementar estão mais relacionados ao individual, no qual o instrumento musical atua como objeto intermediário. É usado para comunicação e integração entre paciente e terapeuta, em que os recursos estão voltados à experiência musical pessoal. Já as identidades sonoras Cultural e Grupal são voltadas à experiência social do indivíduo e/ou ao grupo em que está inserido. O instrumento musical é usado como objeto integrador, assumindo um viés de liderança ao conduzir um grupo e ao executar os ritmos musicais predominantes em uma cultura (Benenzon, 1985).

As músicas da identidade sonora são estímulos que provocam melhora no estado de ânimo. O estilo e andamento rítmico musical podem estar relacionados com o desempenho da atividade muscular (Edworthy, 2006). Neste estudo, ISO está representado por 'Música do Voluntário'.

3.3. Sincronismo Biológico-musical

A frequência cardíaca é medida pelos ciclos cardíacos por unidade de tempo, representados por batimentos por minuto (bpm) (Pinheiro, 2014). Os valores compatíveis com pulso normal são entre 60 a 100 bpm, em repouso (Silva et al, 2014).

Música e movimento têm sido estudados em experiências comportamentais em adultos (Sievers et al, 2013). Músicas no andamento rítmico de 128 bpm estão relacionadas com atividades de movimentos repetitivos (Schaefer et al, 2013) ou com a frequência natural do corpo humano em atividade. O andamento de 95 bpm está associado a movimentos mais amplos e não repetitivos (Moelants, 2003).

A frequência cardíaca pode ser alterada de acordo com o estilo musical ouvido (Afonso et al, 2006). A atividade muscular pode ser sincronizada ao

ritmo musical, regulando o movimento e prolongando o desempenho da atividade corporal (Andrade, Ávila, 2007).

O uso de recursos musicais pode regular funções fisiológicas e comportamentais através da sincronização de ritmos biológicos com o ritmo musical (Galinska, 2015).

A sincronização se inicia a partir do estímulo auditivo e pode resultar em efeitos positivos na variabilidade da frequência cardíaca, considerando níveis de estresse e ansiedade. Além das alterações biológicas causadas pelo som, executar instrumentos musicais no processo de reabilitação pode causar ativação de unidades motoras, responsáveis pelo movimento funcional do membro superior com lesões neurológicas ou ortopédicas (Trappe, 2010).

As intervenções de musicoterapia em contextos de reabilitação incluem: ouvir e se atentar para música, através da estimulação auditiva rítmica; improvisar musicalmente usando instrumentos musicais ou vocais; treinamento musical, executando um instrumento (Magee, 2010; Bradt et al, 2010). Tais intervenções com treinamento musical de curto prazo podem induzir mudanças funcionais no cérebro, como conectividade da substância branca e corpo caloso, sincronização sensório-motora e desencadeamento de plasticidade instantânea no córtex (Bangert, Altenmuller, 2003; Steele et al, 2013).

O ato de tocar um instrumento musical tem sido usado como estratégia para superar os défices motores (Lim et al, 2011). No treinamento musical, o tipo de instrumento influencia na plasticidade (Bangert, Schlaug, 2006), tanto no âmbito estrutural quanto no âmbito funcional (Herholz, Zatorre, 2012). Isso pode gerar efeitos como o aumento da integridade da substância branca (motor) do encéfalo, aumento do corpo caloso e maior volume do cerebelo (Alves-Pinto et al, 2016). Conexões bidirecionais entre o sistema nervoso central (SNC) e o autônomo (SNA) (Figura 6(d)) sugerem que os principais fatores das experiências emocionais subjetivas podem ser tanto viscerais (controle involuntário), quanto somáticos (controle voluntário) (Bernadi et al, 2009).

Os neurônios motores são células neuronais responsáveis pela integração de impulsos elétricos originados no sistema nervoso central e atividade muscular. Esses impulsos elétricos são responsáveis por induzir a

ação mecânica. Existem dois tipos principais de neurônios motores: os superiores, originados no córtex cerebral, e os inferiores, localizados na medula espinal superior e no tronco encefálico (Tabela 1). Os circuitos neurais, formados por neurônios motores inferiores, são responsáveis por transmitir os comandos do sistema nervoso central (SNC) para os músculos efetores (Stifani, 2014).

Tabela 1 - Comparação entre Neurônio Motor Superior e Neurônio Motor Inferior (Stifani, 2014)

	Neurônios superiores (NMs)	Neurônios inferiores (NMI)
Localização	Córtex cerebral	Medula Espinal
Neurotransmissor	Glutamato	Acetilcolina
Função	Sinapse com o NMI	Sinapse com as fibras musculares esqueléticas
Sintomas após lesão	Espasticidade	Paralisia

3.4. O uso da Música no Esporte

A música tem sido usada como componente influenciador no desempenho de atletas. Considera-se que os ritmos acústicos são úteis, principalmente, em esportes de natureza cíclica, como ciclismo, corrida, remo e caminhada (Bood et al, 2013).

Existem cinco formas principais para a influência da música na preparação e desempenho de atletas em competições. A dissociação, na qual a música atua na diminuição da atenção, conseqüentemente, pode desviar a mente das sensações de fadiga durante o exercício submáximo; a regulação de excitação, quando a música é usada antes da competição, tanto para gerar estímulo quanto para atuar como calmante; a sincronização, através das pistas temporais da música que podem fazer com que o uso de energia seja mais eficiente (Karageorghis et al, 2008). Embora estas influências não sejam empregadas em todos os esportes, nos de natureza cíclica, a sincronização

pode prolongar o desempenho, aumentar a resistência e ainda reduzir o custo metabólico do exercício quando há sincronia matemática entre o movimento e música (Bacon, 2012).

Outra forma de influência da música na preparação para competições é o impacto na aquisição de habilidades motoras e nos planos de movimento, através das formas de ritmo corporal e locomoção, fazendo analogia ao som. Por fim, a música influencia na obtenção de rendimento, sendo promotora do fator motivacional em diversos ambientes esportivos (Karageorghis et al, 2008).

Um estudo randomizado testou o tempo de nado livre de 200m em dezoito nadadores masculinos. Os mesmos foram expostos a 5 minutos de música auto-selecionada ou a 5 minutos de silêncio antes do teste. O tempo de na condição musical foi significativamente menos (-1,44%) (SMIRMAUL *et al*, 2015).

Durante os Jogos Olímpicos do Brasil, em 2016, Michael Phelps, ganhador de várias medalhas de ouro, foi entrevistado por vários jornais afim de saber quais músicas o nadador ouvia até os últimos segundos antes de entrar na piscina. Nos Jogos Olímpicos de Atenas, em 2004 o atleta era um dos poucos nadadores que utilizavam a música antes da competição, já nos Jogos Olímpicos de Londres, vários atletas aderiram estratégia de Michael Phelps, demonstrando assim interesse pelo uso da música no esporte.

3.5. Biomecânica do Remo

O exercício de remo envolve grande parte dos grupos musculares do corpo, através de uma ação muscular coordenada. Essa ação promove uso da força, repetidamente, entre máxima e mínima. Uma sequência de 4 etapas caracteriza a cinesiologia do remo: a) O início; b) A puxada; c) A finalização; e d) A recuperação (Mazzone, 1988).

a) O início

A pegada do movimento inicia quando os braços são estendidos para frente e os joelhos são flexionados. O impulso inicia com as pernas e as costas, ativando uma série de músculos: deltoide, trapézio, serrátil anterior, eretor da espinha, reto do abdômen, isquiotibiais, tríceps braquial, tibial anterior e gastrocnêmio (Figura 7).

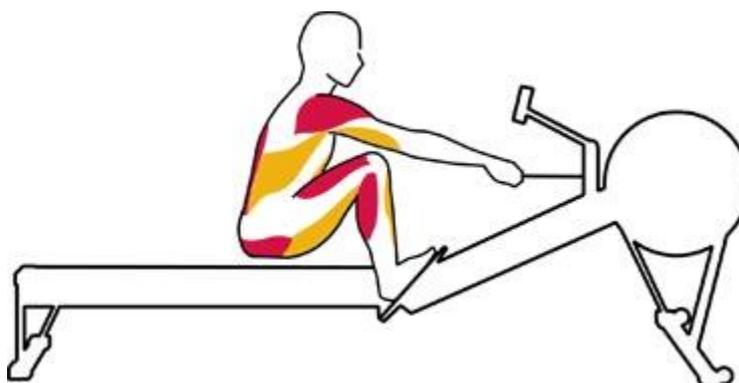


Figura 7 - Pegada
Fonte: Manual *Concept 2 indoor rower*

b) A puxada

No impulso, as pernas são esticadas, o tronco do corpo passa pela posição vertical e os braços continuam estendidos. No movimento com ênfase das pernas há ativação dos músculos: gastrocnêmio, sóleo, glúteo máximo, isquiotibiais, quadríceps, serrátil anterior, eretor da espinha, redondo maior, trapézio e deltoide (Figura 8).

Quando o impulso tem ênfase no movimento do corpo, os músculos ativados são: gastrocnêmio, sóleo, glúteo máximo, isquiotibiais, quadríceps, eretor da espinha, braquial, braquirradial e bíceps braquial.

Por fim, quando a ênfase se encontra no tronco e nos braços os músculos acionados são: o trapézio, o deltoide posterior, o redondo menor, o braquial, braquirradial, o bíceps braquial, o peitoral maior, o extensor e o flexor ulnar do carpo, o dorsal grande e o quadríceps.

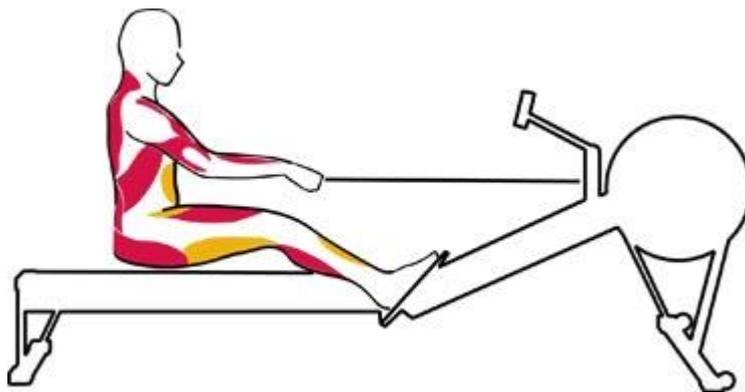


Figura 8 - Impulso

Fonte: Manual *Concept 2 indoor rower*

c) A finalização

Ao final do impulso, braços e ombros são forçados para direção do abdômen, as pernas ficam retas e o tronco levemente inclinado, acionando os músculos: trapézio, deltoide posterior, braquial, braquirradial, bíceps braquial, extensor dos dedos, dorsal grande, glúteo máximo e o quadríceps (Figura 9).

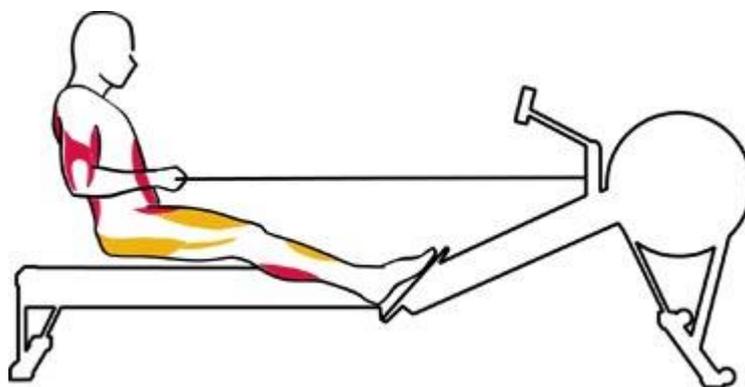


Figura 9 – Finalização

Fonte: Manual *Concept 2 indoor rower*

d) A recuperação

O início da recuperação se dá pela extensão dos braços e articulação do quadril, e então o movimento do tronco é direcionado para frente. A recuperação ativa 8 músculos, são eles: trapézio, reto do abdômen,

isquiotibiais, deltoide anterior, tríceps braquial, extensor do punho e gastrocnêmio (Figura 10).

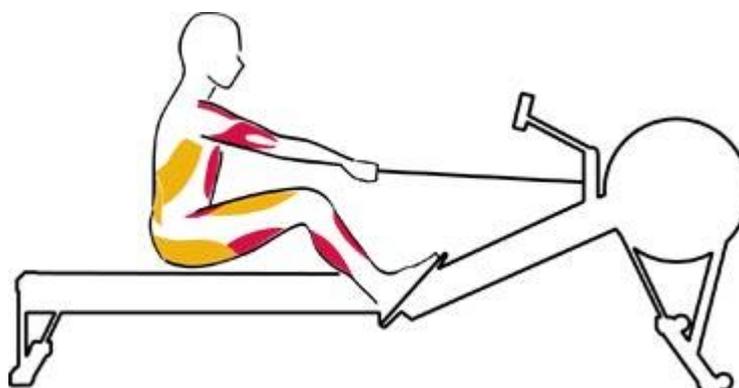


Figura 10 - Recuperação
Fonte: Manual *Concept 2 indoor rower*

3.6. Medidas

3.6.1. Lactato

A medição do lactato sanguíneo tem sido usada como parâmetro metabólico para medir a intensidade do esforço em atletas durante treinamentos e competições esportivas (Silva, 2016).

A descoberta da relação fixa entre o consumo de oxigênio e o metabolismo de ácido láctico na contração muscular rendeu a Otto Fritz Meyerhof o Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina de 1922. Meyerhof acreditava em degradação do glicogênio muscular até o ácido láctico ser gerado e, conseqüentemente, o lactato (Figura 11). O ácido láctico é uma molécula que representa um ácido fraco, no pH intramuscular ou sanguíneo, e se dissocia rapidamente em seu sal, o lactato (Moraes, 2016).

Um dos principais eventos fisiológicos no desempenho esportivo é a taxa de conversão de energia química para mecânica durante a contração muscular, processo responsável pela formação de lactato. A maior parte do lactato produzido no decorrer e após o exercício físico é removido pela sua oxidação no músculo produtor. Essa associação entre o lactato e a fadiga muscular aguda, por muitos anos esteve baseado ao aumento da acidose celular (Bertuzzi et al, 2009).

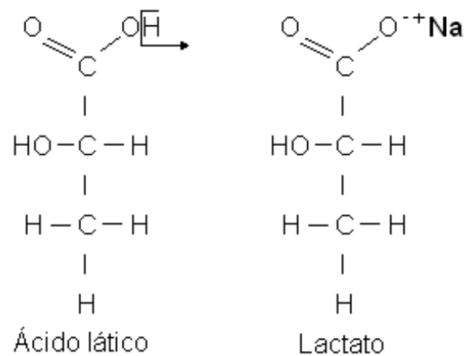


Figura 11 - Estrutura química do ácido láctico e do lactato (Bertuzzi et al, 2009)

A produção de lactato se dá pela quebra de glicogênio. O glicogênio quebra na substância piruvato e assim produz energia anaeróbia, pois não há utilização de oxigênio. Caso o piruvato se quebre ainda mais, produzirá ainda mais energia, chamada de aeróbia por fazer a utilização de oxigênio. O equilíbrio entre o meio intracelular e extracelular resulta no pico de concentração sanguínea de lactato após o exercício. Durante o exercício supramáximo e cíclico acima de 30 segundos, a potência metabólica é representada pelo metabolismo aeróbio e anaeróbio (Di Prampero; Ferretti, 1999).

O ponto onde a produção de ácido láctico equivale a capacidade máxima de sua remoção é conhecido como limiar do lactato, que é o nível de esforço entre treinamento aeróbico e anaeróbico. Esta medida pode ser usada para definir a intensidade de exercícios de resistência e pode ser modulada pelo treinamento (Moraes, 2016).

Os valores de lactato são amplamente individuais, podendo oscilar entre 2 e 8 mmol/L, o qual deve ser expresso relacionando ao VO_2 máximo a fim de monitorar adequadamente as alterações adaptativas do treinamento. Atletas aerobiamente treinados, possuem limiar do lactato em níveis próximos a 80% do VO_2 máximo, e podem realizar exercícios físicos de alta intensidade e por longo período (Moraes, 2016).

3.6.2. Variabilidade da Frequência Cardíaca

A frequência cardíaca é conceituada pelo número de ciclos cardíacos por unidade de tempo, em que inclui um período de relaxamento (diástole) e um período de contração (sístole) do coração (Campos et al, 2013). As oscilações dos intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos caracterizam as ondas RR (Vanderlei et al, 2009) (figura 12). A variabilidade da frequência cardíaca é a variação entre os intervalos RR sucessivos e, geralmente, é usada em pesquisas para análise do bem-estar humano e investigação do funcionamento do sistema nervoso autônômico (Tarvainen et al, 2014).

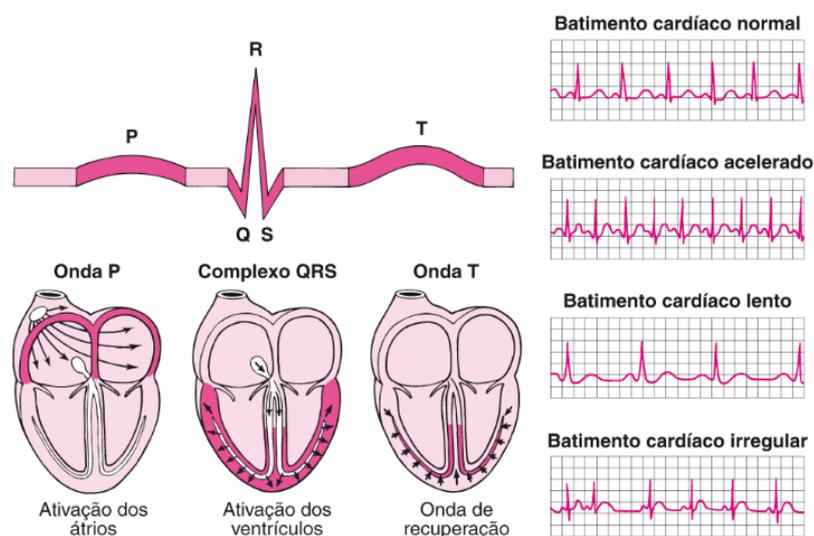


Figura 12 - Traçado eletrocardiográfico com intervalo RR
Fonte: www.msmanuals.com

A variabilidade da frequência cardíaca é analisada através de dois métodos lineares: o domínio do tempo, baseado em métodos estatísticos, com o objetivo de comparar diferentes conjuntos de dados, e o domínio da frequência, que se baseia em algoritmos matemáticos da frequência (Campos et al, 2013).

Os métodos do domínio do tempo são compostos por valores sucessivos do intervalo RR. As médias dos intervalos RR (mean RR) e da

frequência cardíaca (mean HR) são as medidas mais evidentes (Tarvainen et al, 2014) e alguns podem analisar os efeitos cardiovasculares de um estímulo musical (Tabela 2).

Tabela 2 - Parâmetros da VFC no domínio do tempo e seus efeitos cardiovasculares correlacionados com música.

	Parâmetros da VFC	Atividade Simpática ou Parassimpática	Efeitos cardiovasculares
Variáveis no domínio do tempo	SDNN Desvio padrão dos espaços RR.	Ambos, mas principalmente simpática.	Correlacionado a emoções positivas (Shih, 2011), reduzido com estímulo musical (Amaral, 2016).
	RMSSD Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes. ⁽⁴²⁾	Parassimpática. Índice da VFC a curto prazo.	Aumentado durante exposição a música (Santana et al, 2017)
	NN50 e pNN50 Número de diferenças NN sucessivas, maiores que 50ms (NN50) e sua porcentagem (pNN50).	Parassimpática. Índice da VFC a curto prazo.	Reduzido em homens quando se ouve estilo heavy metal (Ferreira, 2015)
	TINN Índice triangular dos intervalos RR.	Ambos, mas principalmente simpática.	Diminuído durante exposição a música (Santana et al, 2017)

As variáveis do domínio de frequência são caracterizadas por faixas de frequências distintas, onde os limites utilizados nas gravações da VFC em indivíduos normais são: Baixa Frequência – LF (0,04 – 0,15 Hz) e Alta Frequência – HF (0,15 – 0,4 Hz) (Tarvainen et al, 2014). A tabela 3 demonstra os efeitos cardiovasculares nos índices do domínio de frequência quando relacionado a música.

Há ainda métodos não-lineares quando a VFC não estiver totalmente descrita usando apenas os métodos lineares. Isso ocorre em virtude do complexo sistema de controle do coração (Tarvainen et al, 2014). Esses métodos possibilitam a análise do sistema nervoso autônomo - SNA, parassimpático (SD1) e simpático (SD2), os quais representam a VFC a curto e a longo prazo, respectivamente. Os índices do SNA mais utilizados e os

efeitos cardiovasculares quando exposto ao estímulo musical estão descritos nas tabelas 4.

Tabela 3 - Parâmetros da VFC no domínio da frequência e seus efeitos cardiovasculares correlacionados com música.

	Parâmetros da VFC	Atividade Simpática ou Parassimpática	Efeitos cardiovasculares
Variáveis no domínio da frequência	VLF Muito baixa frequência.	Parassimpática.	Diminuição do estresse (Gabel, 2017)
	LF da variação RR Banda de baixa frequência.	Simpática e barorreflexa.	Diminui quando há exposição a estímulo musical (Amaral, 2016)
	HF Banda de alta frequência.	Parassimpática.	Reduzido em homens quando se ouve estilo heavy metal (Santana et al, 2017)
	Índice HF/LF Razão entre as bandas de alta e baixa frequência.	Balanço entre as duas atividades.	Reduzido quando se ouve música de preferência (auto selecionada) (Archana et al, 2016)

Tabela 4 - Parâmetros da VFC de medidas não lineares e seus efeitos cardiovasculares correlacionados com música.

	Parâmetros da VFC	Atividade Simpática ou Parassimpática	Efeitos cardiovasculares
Medidas não lineares	SD1 Descreve a VFC a curto prazo.	Parassimpática.	Aumentado durante exposição a música (Santana et al, 2017)
	SD2 Descreve a VFC a longo prazo.	Simpática.	Diminuído durante exposição a música (Santana et al, 2017)

4. METODOLOGIA

Este foi um estudo hipotético-dedutivo, randomizado, para investigar os efeitos rítmico-musicais na VFC e a concentração de lactato sanguíneo durante a atividade física, pesquisa do tipo experimental, considerando uma intervenção para analisar seus efeitos.

4.1. População/Amostra

A coleta de dados foi realizada em um único grupo composto de 30 indivíduos saudáveis, homens (n= 23) e mulheres (n = 7), atletas entre 15 e 50 anos, para obtenção de parâmetros cardiovasculares, níveis de concentração de lactato sanguíneo e rendimento físico durante o movimento de remo. A amostragem se deu pela técnica por conveniência, estipulada dentro do perfil de atletas que participam de competições regionais e nacionais nas mais diversas modalidades de Mistura de Modalidades de Treinamento (MMT) (Figura 13). Uma mistura de exercícios provindos principalmente das seguintes modalidades: levantamento de peso olímpico e básico, ginástica olímpica, atletismo entre outros. Aplicado em três distintas formas: preparação física desportiva para outras modalidades; melhoria do condicionamento físico em geral; e como esporte.



Figura 13 - Mistura de Modalidades de Treinamento
Fonte: <http://blog.arena235.com.br>

4.1.1. Critérios de Inclusão

- Ter assinado o termo de consentimento livre e esclarecido;
- Homens e mulheres jovens (15-50 anos) treinados;
- Não ser acometido de qualquer doença neurológica ou ortopédica;
- Não ter realizado atividade física nas 24h que antecederem o teste.

4.1.2. Critérios de Exclusão

- Comprometimento cognitivo importante que afeta a compreensão;
- Abuso de substâncias ilícitas;
- Indivíduos que, por qualquer motivo, se sintam incomodados com música;
- Indivíduos com doenças cardiovasculares, sistêmicas e respiratórias;
- Indivíduos com perda auditiva severa.

4.1.3. Considerações Éticas

A pesquisa obedeceu a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde que estabelece diretrizes e normas regulamentadoras quanto aos aspectos éticos da pesquisa envolvendo seres humanos em relação à autonomia, não maleficência, beneficência, justiça, não estigmatização, confidencialidade, privacidade, voluntariedade e equidade. Para garantir segurança e anonimato, foram utilizados códigos para não identificar os sujeitos da pesquisa. A coleta de dados só foi iniciada após a aprovação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (Anexo A).

4.2. Protocolo

Para estudar o efeito da música no esporte, buscou-se a interação entre os ritmos biológicos e musicais, através de três diferentes estímulos sonoros, ao analisar a frequência cardíaca e concentração de lactato sanguíneo (Figura 14).

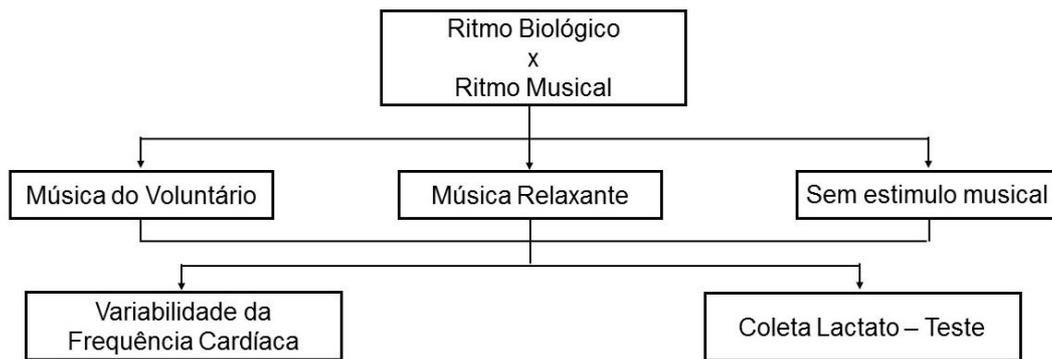


Figura 14 - Organização do estudo

A coleta de dados ocorreu no Centro de Pesquisa da Arena 235, em São José dos Campos - SP. Na adequação da pesquisa, os testes foram realizados em ambiente fechado (Figura 15).

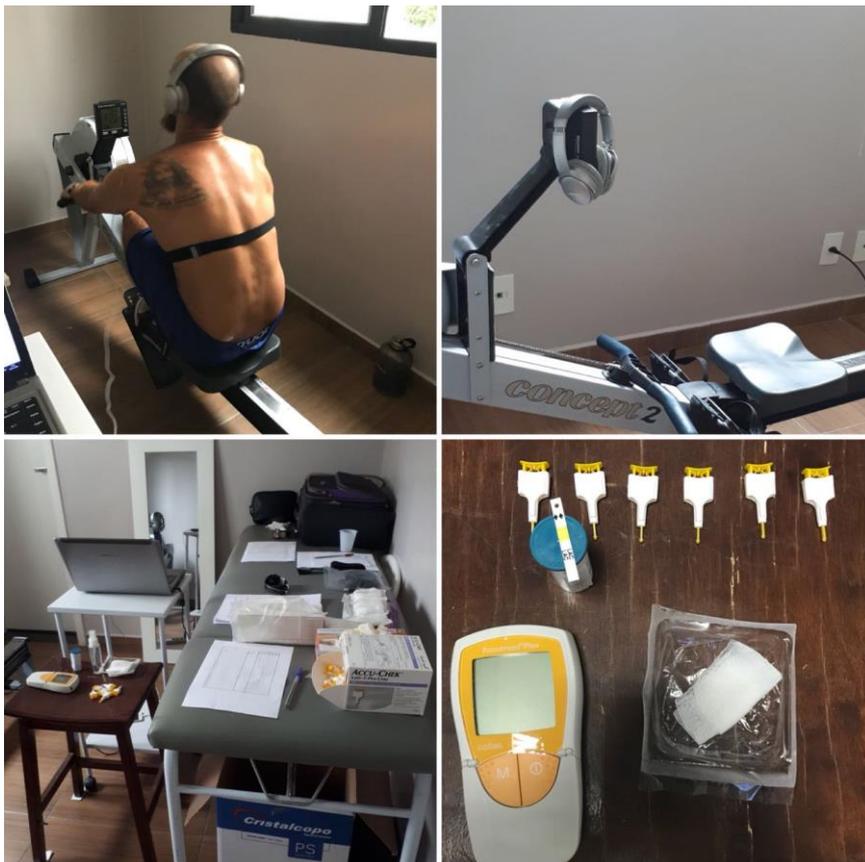


Figura 15 - Ambiente e Materiais de Coleta

Para bloquear ruídos externos e evitar prejuízos à audição, utilizou-se fones de ouvido com cancelamento de ruído, emitindo sons com intensidade que oscilavam de 70 a 75 decibéis (dB), medido através do decibelímetro de marca Hikari HK – 882® (Figura 16).



Figura 16 - Decibelímetro Hikari HK - 882®
Fone de ouvido *Bose Quietcomfort*

O indivíduo, após ter assinado o TCLE, preencheu uma ficha constando os seguintes dados: data de nascimento, sexo, peso corporal, estatura e, em seguida, o avaliador calculou índice de massa corporal (IMC). Em seguida foram realizados os protocolos Pré-teste (Figura 17).

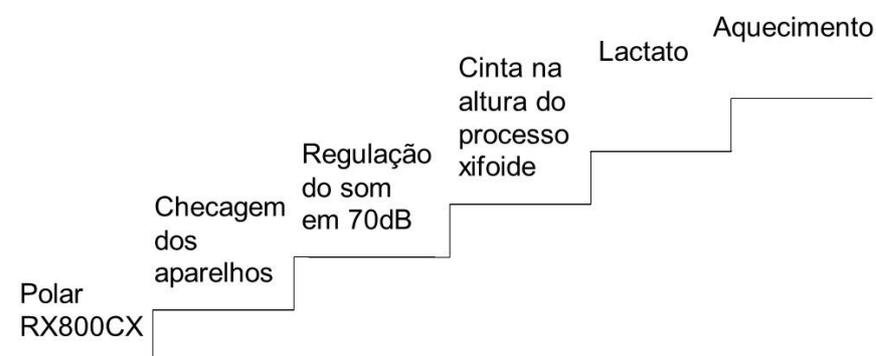


Figura 17 - Protocolo Pré-Teste

Para configuração do sensor cardíaco, o avaliador inseriu os dados (data de nascimento, sexo, peso e altura), no computador de treino. A frequência cardíaca foi monitorada e os intervalos RR foram registrados pelo Sensor de Frequência Cardíaca da marca Polar RX800CX®, com frequência de amostragem de 2000hz, transferidos via *Bluetooth* para o transmissor cardíaco (figura 18). Antes de acionar o transmissor, os eletrodos da tira elástica foram umedecidos e o conector foi aplicado na tira elástica. A tira foi posicionada logo abaixo dos músculos do tórax, na altura do processo xifoide, e então o sensor foi ativado, e o voluntário manteve-se sentado.



Figura 18 - Transmissor Cardíaco – Polar H10 ®

A concentração de lactato sanguíneo foi analisada por um lactímetro *Accutrend Plus®* (Roche – Basel, Suíça) (Figura 19), que realiza a medida por fotometria de reflectância, utilizando tiras-teste específica para lactato. Após assepsia no local, usando gaze e álcool 70, o excesso do produto era retirado com gaze seca estéril. O sangue foi coletado dos dedos da mão esquerda, através de lancetas 'Accu-Chek Safe-T_Pro Uno', e aplicado na tira-teste já inserida no aparelho. Em seguida, fechava-se a tampa do aparelho. O teste leva 60 segundos para ser executado e o resultado é apresentado em milimol por litro (mmol/L).



Figura 19 - Accutrend Plus Roche Aparelho Monitor

Os voluntários realizaram os testes no remo de marca *Concept 2 indoor PM3®*, usado para simular a prática do remo tradicional (Figura 20).



Figura 20 – Remo Concept 2

O remo *Concept 2 Indoor*, possui um Monitor de Desempenho – PM, o qual exibe a intensidade de monitoramento no ritmo, calorias e watts. O PM fornece dados do desempenho dos voluntários e dispõe ainda de uma alavanca chamada de amortecedor que controla a quantidade de ar que corre para dentro da gaiola de ventilação. Essa alavanca possui níveis do ar de 1 a 10, que afeta a carga do remo.

O voluntário realizou aquecimento no remo indoor por 5 minutos, usando o nível 1. Em seguida, completou mais 5 minutos de aquecimento em uma bicicleta ergométrica de nível de resistência ao ar com uso de pernas e braços (Figura 21). Após este procedimento, foi coletada outra amostra de sangue para aferição do lactato.



Figura 21 - Bicicleta Ergométrica

O teste (Figura 22) foi caracterizado por duas etapas: a) 3 tiros de 1 minuto cada; b) uma distância de 2000m, ambos realizados no remo indoor com ajuste ao nível 10, o qual simula o peso do remo individual. Entre os tiros, havia um intervalo de 2 minutos para coleta de sangue e medição da concentração de lactato no sangue.

Após a última coleta de sangue, foi dado um tempo de recuperação de 3 minutos. Ao encerrar, o sensor foi desativado, a tira elástica, removida e o voluntário, liberado.

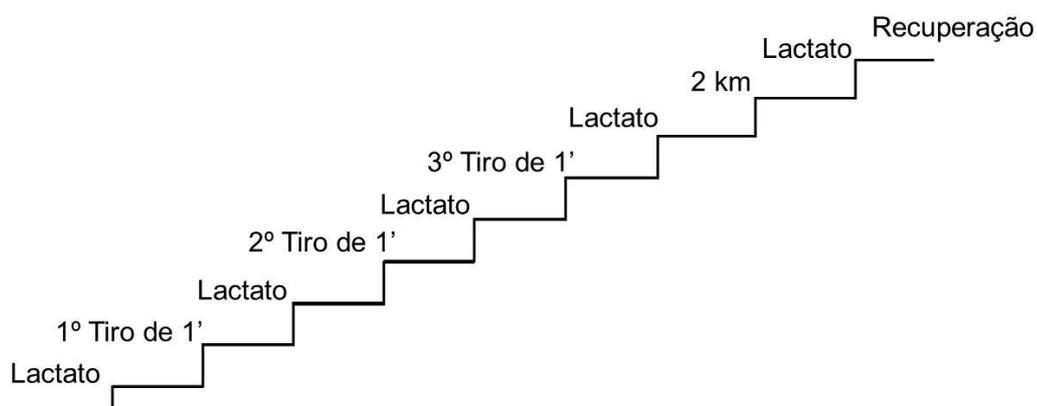


Figura 22 - Protocolo Teste

Os dados disponíveis no PM foram transferidos para uma planilha do programa *Excel/2016*, através do programa *Concept 2 Utility*. Nesse programa, são disponibilizados os dados de ritmo, que é expresso em tempo por 500 metros (tempo em segundos sobre a distância em metros).

Fórmulas utilizadas:

Ritmo: $500 \times (\text{tempo} / \text{distância})$

Tempo: $\text{ritmo} \times (\text{distância} / 500)$

Distância: $(\text{tempo}/\text{ritmo}) \times 500$

Dados referentes à taxa de *stroke* que se refere ao número de golpes por minuto – SPM. A *Concept* sugere que o atleta mantenha o SPM entre 24 e 30 à medida que a intensidade for aumentada. Para cálculo da potência, que

determina a potência do exercício com base no ritmo médio por 500 metros, usa-se uma constante de 2.80:

$$\text{Potência} = 2.80 / \text{pace}^3(\text{watts})$$

$$\text{Ritmo médio} = \sqrt[3]{(2.80 / \text{watts})}$$

Para cálculo de calorias durante o teste usou-se a seguinte fórmula:

$$\text{Call} / h = \text{Calorias no PM} - 300 + (1.714 \times \text{peso})$$

Por fim, o *Concept 2* disponibiliza uma calculadora para averiguar uma estimativa da absorção máxima de oxigênio em um minuto (VO_2max). Este cálculo de aptidão cardiovascular tem por base VO_2max ($\text{mL} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$), e classificação de aptidão aeróbia em VO_2 relativo ($\text{ml} / (\text{kg} \times \text{min})$) (Tabela 5).

Tabela 5 - Classificações de Aptidão Aeróbia (Mcardle et al, 2010)

Gênero	Idade	Péssimo	Ruim	Média	Boa	Excelente
Homens	<29	<24,9	25-33.9	34-43.9	44-52.9	> 53
	30-39	<22.9	23-30.9	31-41.9	42-49.9	> 50
	40-49	<19.9	20-26.9	27-38.9	39-44.9	> 45
	50-59	<17,9	18-24.9	25-37.9	38-42.9	> 43
	60-69	<15,9	16-22.9	23-35.9	36-40.9	> 41
Mulheres	<29	23,9	24-30.9	31-38.9	39-48.9	> 50
	30-39	<19.9	20-27.9	28-36.9	37-44.9	> 45
	40-49	<16,9	17-24.9	25-34.9	35-41.9	> 42
	50-59	<14,9	15-21.9	22-33.9	34-39.9	> 40
	60-69	<12,9	13-20.9	21-32.9	33-36.9	> 37

Por fim, os dados da VFC foram transferidos, via infravermelho, para o *software* Kubios HRV Analysis (Figura 23), onde se obteve resultados para análise estatística.

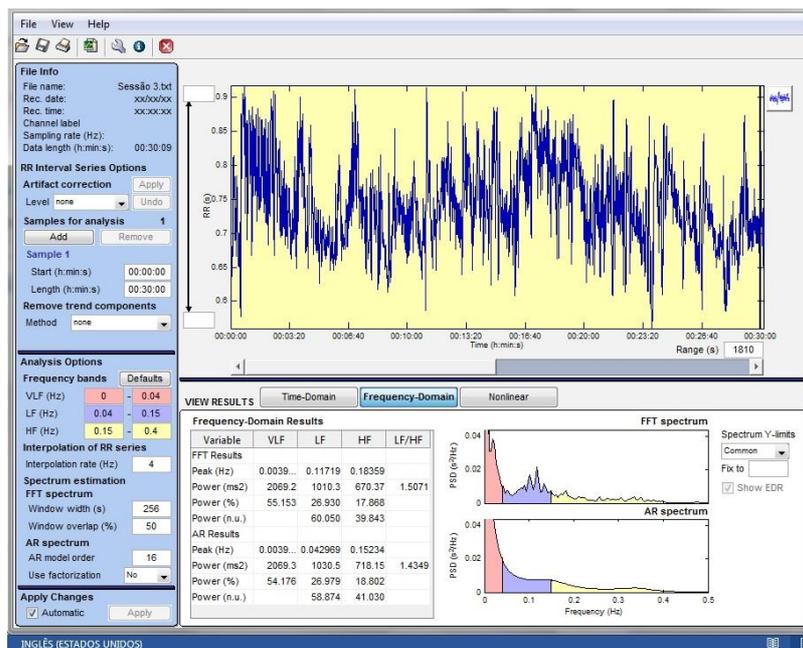


Figura 23 - Interface gráfica do Kúbios Software

Os artefatos foram eliminados por meio de filtro “*Very Strong*” disponível no software e confiados por meio de análise visual. A análise foi realizada por janelas obedecendo ao tempo de duração de cada etapa.

4.3. Análise de dados

Para análise de dados, o estudo foi dividido em duas etapas, são elas:
a) análise intragrupo, durante os tiros de 1 minuto, na qual foram acionadas ordens aleatórias de estímulos sonoros para todos os voluntários (Tabela 6).

Tabela 6 - Ordem dos estímulos sonoros (1 minuto)

	1º Tiro	2º Tiro	3º Tiro
Ordem 1	Sem estímulo	Música Relaxante	Música do Voluntário
Ordem 2	Sem estímulo	Música do Voluntário	Música Relaxante
Ordem 3	Música Relaxante	Sem estímulo	Música do Voluntário
Ordem 4	Música Relaxante	Música do Voluntário	Sem estímulo
Ordem 5	Música do Voluntário	Sem estímulo	Música Relaxante
Ordem 6	Música do Voluntário	Música Relaxante	Sem estímulo

b) análise intergrupos, quando os voluntários estavam distribuídos em 3 grupos, para a etapa de 2 km. Nesta, um grupo não recebeu estímulo sonoro (Sem estímulo – SE), outro grupo ouviu música com sons da natureza e instrumental (Música Relaxante – MR), e, por fim, um grupo que recebeu estímulo sonoro com música de preferência do voluntário (Música do Voluntário – MV).

No tratamento estatístico, inicialmente foi realizado o teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov. Quando apresentada distribuição normal para comparar as variáveis entre as fases de coleta, foi utilizada a ANOVA, em seguida o teste de *Tukey*. O critério de significância adotado foi de $p < 0,05$ e os tratamentos estatísticos foram realizados nos programas *Graphpad Prism 7.0* e *SPSS*.

4.4. Análise das Músicas

As músicas foram analisadas nos parâmetros de andamento, tonalidade, gênero musical e compasso. O andamento é a velocidade, em bpm, indicada para a execução da música. Tonalidade se refere à altura das notas dentro de uma escala maior ou menor, obedecendo uma hierarquia de sons. O gênero musical é a categoria em que a música se encaixa em elementos comuns. E, por fim, compasso é o agente métrico do ritmo, dividido em trechos regulares de tempo.

A música (Figura 24) usada neste estudo tem características musicais seguindo padrões característicos de músicas relaxantes definidos pela predominância de andamento lento e tonalidade maior, com ritmos constantes, regulares e previsíveis. Os timbres são suaves e não há grandes mudanças na dinâmica musical, somados à sons da natureza, com predomínio de melodia e harmonia simples, compostas de pouca dissonância e modulações sutis (Nunes-Silva et al, 2012).

The image shows a musical score for two parts: 'Acoustic Guitar' and 'A. Gtr.'. The 'Acoustic Guitar' part is written in a treble clef with a key signature of two flats (Bb and Eb) and a 4/4 time signature. It features a melodic line with eighth and quarter notes, including a 'Harm.' (harmonic) marking. The 'A. Gtr.' part is written in a bass clef with the same key signature and time signature. It consists of a dense, rhythmic accompaniment of eighth notes, also including a 'Harm.' marking. The score is presented on two staves.

Figura 24 - Partitura do Tema da Música Relaxante

As músicas de preferência dos voluntários (Tabela 7) tem características diversas em todos os parâmetros analisados.

Tabela 7 - Características das músicas utilizadas no estudo

Música	Interprete	Tom	Estilo	Andamento	Compasso
Back in Black	AC/DC	Em	Rock	90 bpm	4/4
Fake Love	Drake	F#m	Hip Hop	67 bpm	4/4
Jungle	XAmbassadors	Gm	Rock A	75 bpm	2/4
Part of me	Katy Perry	F	Pop Rock	130 bpm	4/4
Pull me under	Dream Theater	Em	Rock	100 bpm	4/4
Nova Era	Angra	C	Rock	170 bpm	4/4
Cant hold us	Macklemore & Ryan Lewis	Em	Hip Hop	145 bpm	4/4
White Unicorn	Wolfmother	D	Rock	107 bpm	4/4
Overkill	Motorhead	Eb	Rock	126 bpm	4/4
Lose Yourself	Eminem	Dm	Hip Hop	85 bpm	4/4
Thunderstruck	AC/DC	B	Rock	130 bpm	4/4
Xo tour life	Lil Uzi Vert	Bb	Hip Hop	80 bpm	2/4
Human	Vintage Culture	Bbm	Eletrônica	122 bpm	4/4
Vai malandra	Anitta	Gm	Funk	130 bpm	4/4
Man on a Mission	Oh The Larceny	Ab	Rock	75 bpm	2/4
Cant Stop	Red Hot Chilli Peppers	Em	Rock	180 bpm	4/4
A little help from friends	The Beatles	E	Rock	120 bpm	4/4
Boulevard Of Broken Dreams	Green Day	Fm	Rock	80 bpm	4/4
Gonna Fly Now	Theme Song	C	Rock	100 bpm	4/4
Slipknot	Psychosocial	Eb	Rock	135 bpm	4/4

A estimulação auditiva pode ocorrer por meio de mudanças que resultam em alteração de padrões comportamentais, representando a evolução rítmica que altera o desempenho motor (tabela 8) (Pekel, 2014). A velocidade e a aceleração advêm do tempo matemático da posição do movimento (Thaut, 2015).

Tabela 8 - Padrões comportamentais durante estímulo musical

Padrões	Características
Aceleração	Aceleração do movimento quando há estímulo musical
Início da Adaptação	Adaptação do tempo (aceleração ou desaceleração) de movimento quando inicia o estímulo musical
Adaptação	Adaptação do movimento com o objetivo de alcançar o nível métrico equivalente ao estímulo musical
Mudança Métrica	Alteração de um movimento para outro nível métrico da estimulação musical
Sincronização	Quando o movimento atinge e mantém o nível métrico dentro de 1 bpm do estímulo musical

Musicalmente, batidas (batimentos) são conceituadas a partir da percepção dos pulsos na execução de uma música. As batidas são definidas pelo tempo de ocorrência desses pulsos, medidos a partir do início do desempenho. Tempo é definido pela duração das notas musicais e o repouso, medidos em segundos. Refere-se à taxa na qual as notas são tocadas e pode ser representado pelo número de batidas por unidade de tempo, chamado de batimentos por minuto (bpm) (Dixon, 2001).

Uma performance métrica é desempenhada estritamente pela unidade de tempo. Cada figura rítmica tem uma duração exata de tempo na estrutura musical, sendo definida a partir do andamento rítmico determinado (Dixon, 2001). Quando usamos qualquer parte do corpo humano para acompanhar uma música através de movimentos ou batidas, ocorre instantaneamente a identificação do andamento rítmico durante a percepção (Lin, 2008).

5. RESULTADOS

5.1 Variância Intragrupo

As características físicas e fisiológicas dos sujeitos durante os tiros de 1 minuto estão apresentadas na tabela 9 (Anexo C).

Tabela 9 - Características físicas e fisiológicas dos indivíduos voluntários.

Parâmetros	Média	SD
Peso (kg)	77,8 ±	14,12
Altura (m)	1,75 ±	0,08
IMC (Kg/m ²)	25,28 ±	3,41
Idade (anos)	29,46 ±	6,99
VO ₂ Max estimado (mL/kg·min)	51,49 ±	9,52
Tempo de Treino (meses)	33,46 ±	18,45

5.1.1. Lactato

A concentração média de lactato foi significativamente ($p < 0,0006$) maior quando utilizada a Música do Voluntário (MV) comparada à fase Sem Estímulo sonoro (SE), e ainda significativamente ($p < 0,0480$) maior quando comparada quando usada a Música Relaxante (MR) como estímulo sonoro (Figura 25). O resultado é afirmado quando comparado à variância entre os indivíduos (Figura 26).

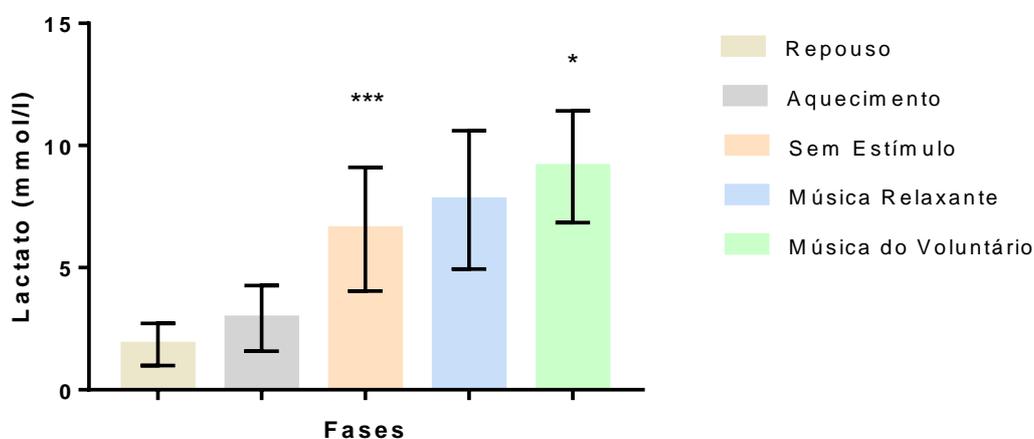


Figura 25 - Média da concentração de lactato entre as fases da coleta de 1 minuto, diferença quando comparado ao grupo Música do Voluntário. Significância = *** $p < 0,0006$; * $p < 0,0480$.

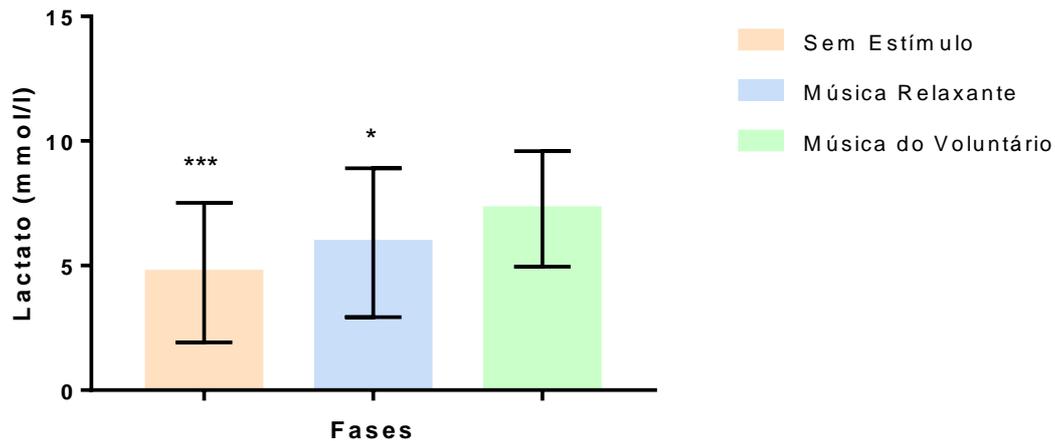


Figura 26 - Média da concentração de lactato entre as fases da coleta de 1 minuto, usando a variância entre os indivíduos, diferença quando comparado ao grupo Música do Voluntário. Significância = *** p 0,0006; * p 0,0480

Em termos de ordem dos tiros, a concentração de lactato foi significativamente ($p < 0,0001$) maior no terceiro tiro quando comparado aos dos primeiros, e o segundo tiro, significativamente ($p < 0,0001$) maior quando comparado ao primeiro (Figura 27).

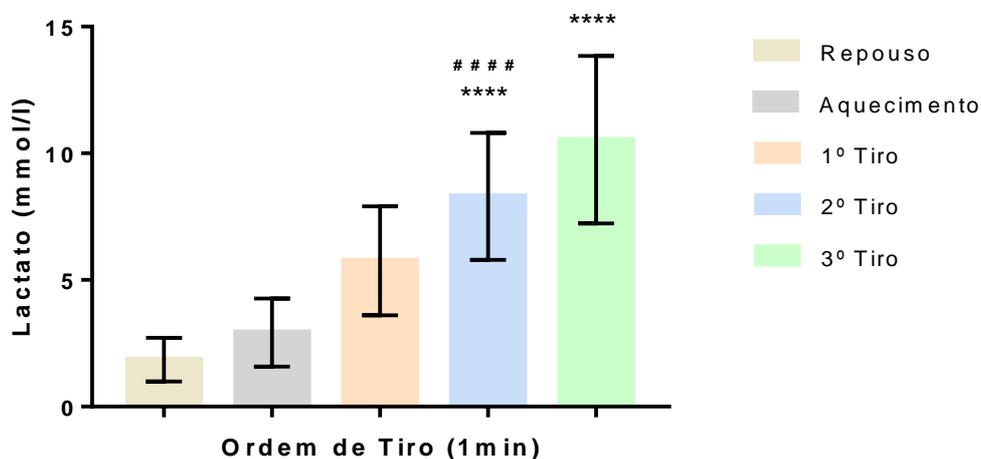


Figura 27 - Média da concentração de lactato por ordem de tiro de 1 minuto, diferença quando comparado ao grupo Sem Estímulo. Significância = **** p 0,0001; #### p 0,0001

A música do voluntário estimulou maior concentração de lactato em todas as ordens, exceto na ordem 4, onde música relaxante teve valor médio de $8,06 \text{ mmol/l} \pm 3,09$ e a música do voluntário, $7,64 \text{ mmol/l} \pm 2,79$ (Figura 28).

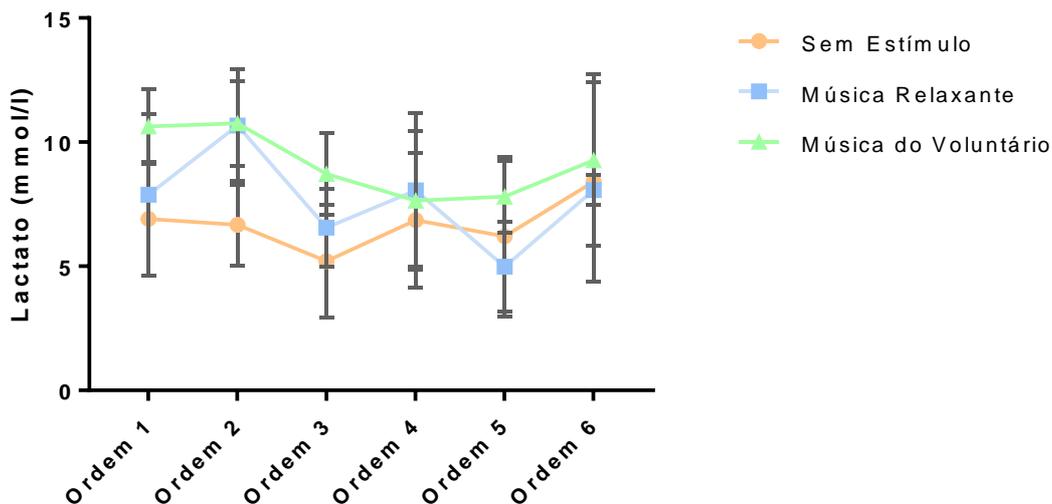


Figura 28 - Níveis de concentração de lactato por ordem de estímulos sonoros.

Ao determinar o $VO_2\text{Max}$ estimado como medidor de desempenho de atletas (Anexo E), foi encontrada correlação entre a concentração de lactato sanguíneo e a distância percorrida quando usada a Música do Voluntário (Figura 29).

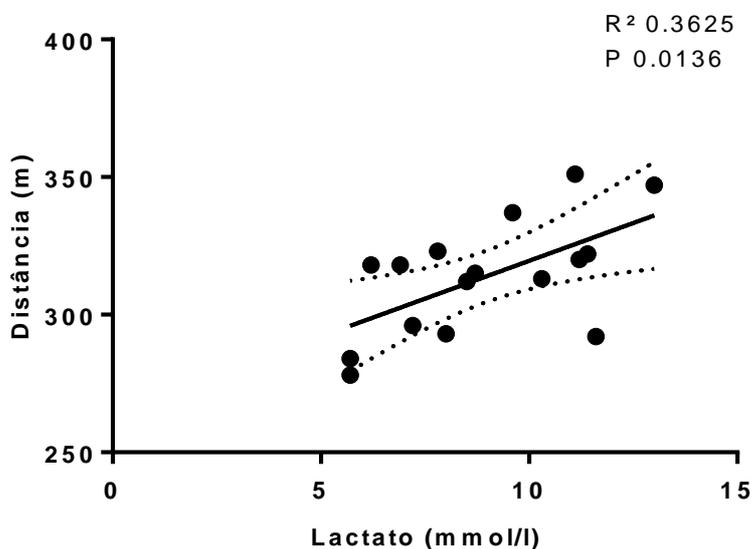


Figura 29 - Correlação Lactato vs Distância (Música do Voluntário)

Houve correlação entre a concentração de lactato sanguíneo (mmol/l) e a média da frequência cardíaca (HR) (Figura 30) e ainda correlação inversa com a média RR (Figura 31) quando usada a Música do Voluntário.

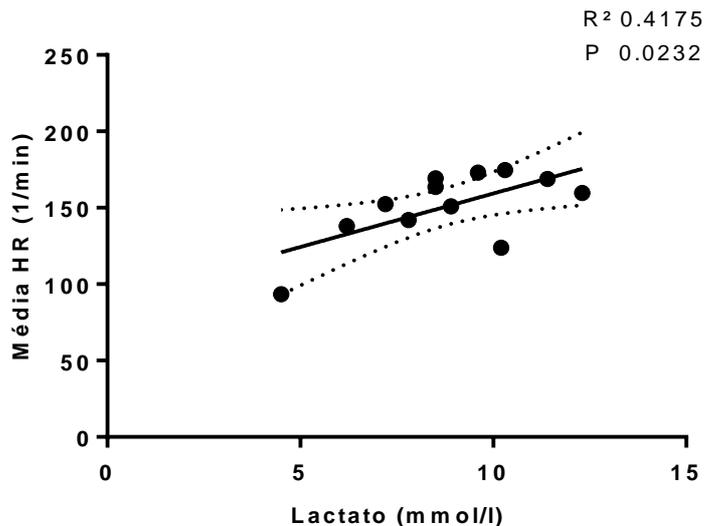


Figura 30 - Correlação Lactato vs Média HR (Música do Voluntário)

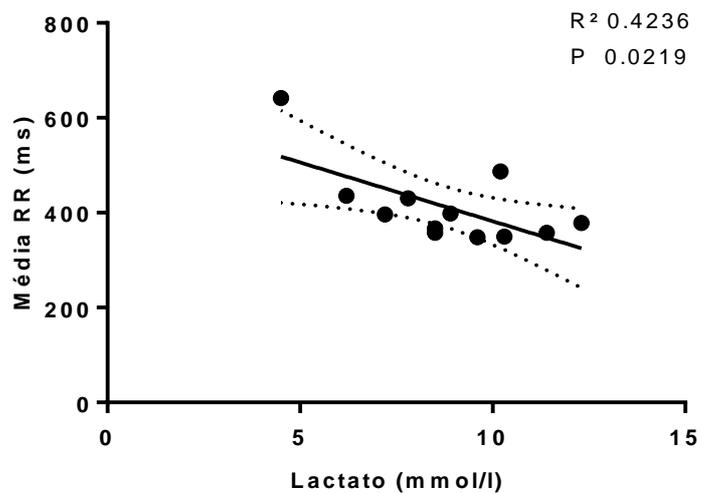


Figura 31 - Correlação Lactato vs Média RR (Música do Voluntário)

5.1.2. Desempenho

Os dados do desempenho referem-se àqueles emitidos pelo remo indoor concept 2, como distância (m), tempo (s), calorias e potência (w).

Nas medidas realizadas durante os tiros de 1 minuto não se obteve diferença significativa entre grupos ou ordens (Figura 32).

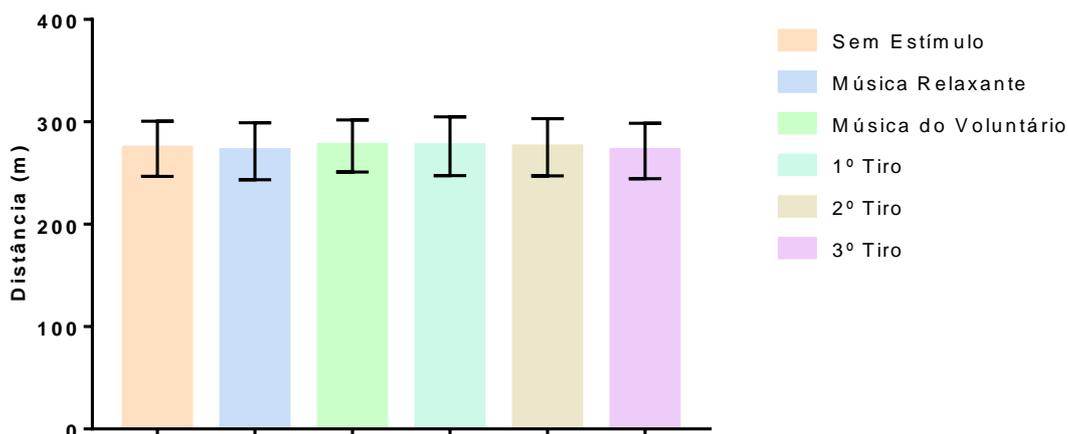


Figura 32 - Média da distância percorrida nos tiros de 1 minuto, por estímulo sonoro e ordem.

5.2. Variância Intergrupos

Na tabela 9 estão apresentadas as características físicas e fisiológicas dos 3 grupos na etapa de 2 km: Sem Estímulo (SE) sonoro, Música Relaxante e Música do Voluntário.

Tabela 10 - Características físicas e fisiológicas dos indivíduos voluntários

Parâmetros	SE		MR		MV		P
	Média	SD	Média	SD	Média	SD	
Peso (kg)	77,3	± 10,1	69,3	± 11,08	86,8	± 15,6	< 0,01
Altura (m)	1,75	± 0,07	1,69	± 0,08	1,8	± 0,05	< 0,01
IMC (Kg/m ²)	25,2	± 2,67	23,97	± 3,07	26,6	± 4,1	< 0,14
Idade (anos)	30,6	± 4,32	26,1	± 7,93	31,7	± 7,5	< 0,17
VO ₂ Max estimado (mL/kg·min)	55,6	± 5,42	47,01	± 11,95	51,8	± 8,8	< 0,12
Tempo de Treino (meses)	42,8	± 15,5	43,71	± 14,16	36,6	± 18,4	< 0,7

5.2.1. Lactato

O grupo MR apresentou menor concentração de lactato comparado ao grupo MV, e foi significativamente menor ($p < 0,05$) que o grupo SE (Figura 33).

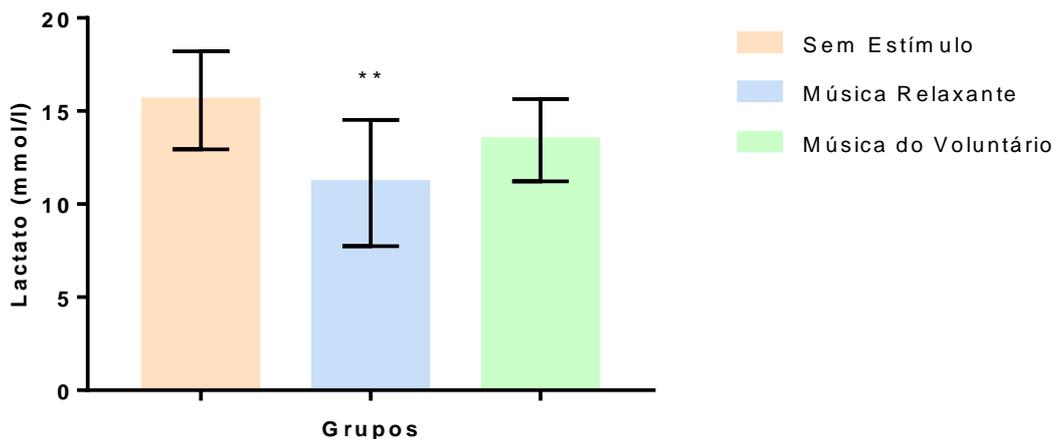


Figura 33 - Média da concentração de lactato entre grupos na coleta de 2km. Diferença quando comparado ao grupo Sem Estímulo. Significância = **p 0,0067

5.2.2. Desempenho

O grupo MR perdeu menos calorias quando comparado ao grupo SE ($p < 0,05$) e ao grupo que MV ($p < 0,05$) (Figura 34).

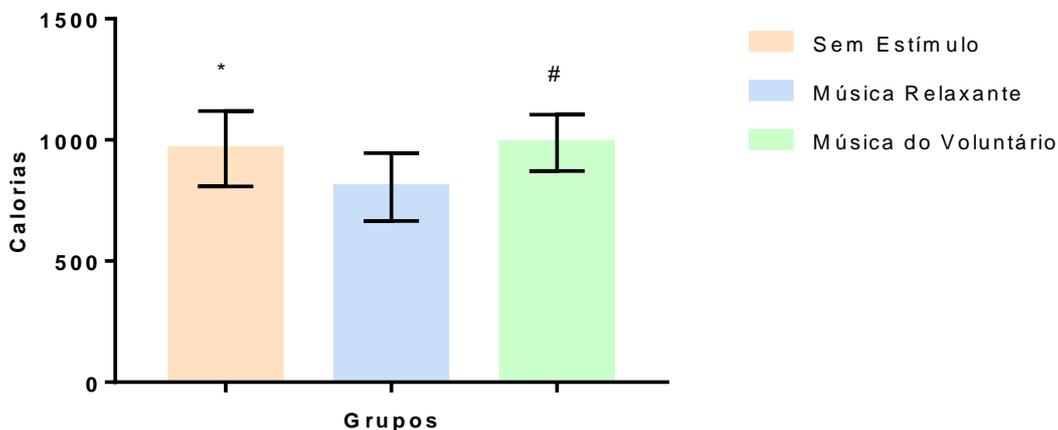


Figura 34 - Média de calorias entre grupos na coleta de 2 km. Diferença quando comparado ao grupo Música Relaxante. Significância = *p 0,0429; #p 0,0172

O tempo (s) no percurso de 2 km foi significativamente ($p < 0,01$) menor no grupo MV que no grupo MR. E o tempo de MR foi significativamente ($p < 0,05$) maior que o grupo SE (Figura 35).

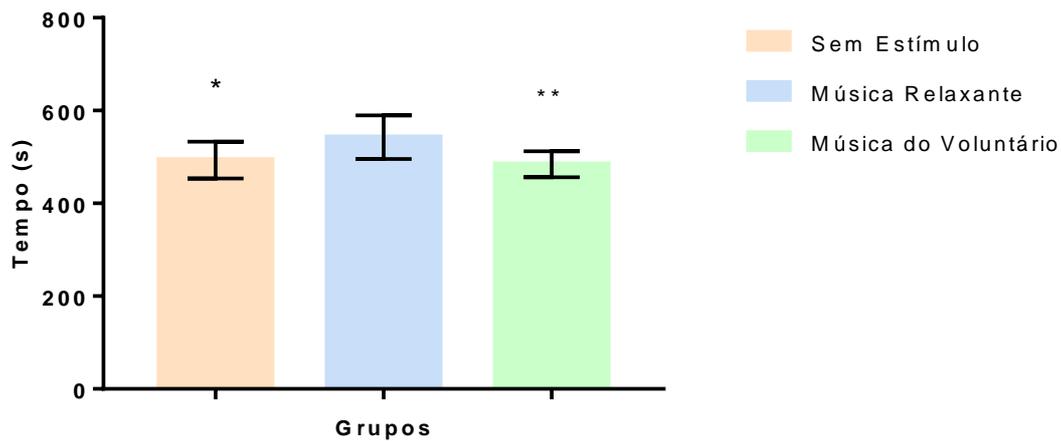


Figura 35 - Média do tempo entre grupos na coleta de 2 km. Diferença quando comparado ao grupo Música Relaxante. Significância = *p 0,0228; **p 0,0065

A potência, em watts, na fase de 2 km, foi significativamente ($p < 0,05$) menor no grupo MR comparado tanto ao grupo SE quanto ao grupo MV (Figura 36).

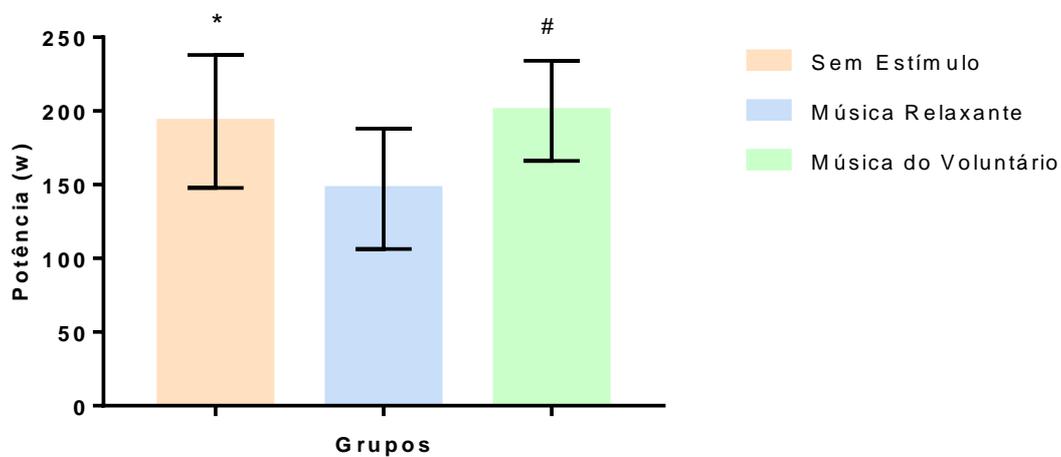


Figura 36 - Média da Potência entre grupos na coleta de 2 km. Diferença quando comparado ao grupo Música Relaxante. Significância = *p 0,0437; #p 0,0176

5.3. Sincronismo Biológico Musical

5.3.1. Tonalidade

No que tange a tonalidade da música, a média da frequência cardíaca – FC foi maior que a média do andamento da música, ambas apresentadas em bpm. Isto ocorreu tanto nas músicas do voluntário em tons menor e maior, quanto na música relaxante, a qual está em tom maior (Figura 37).

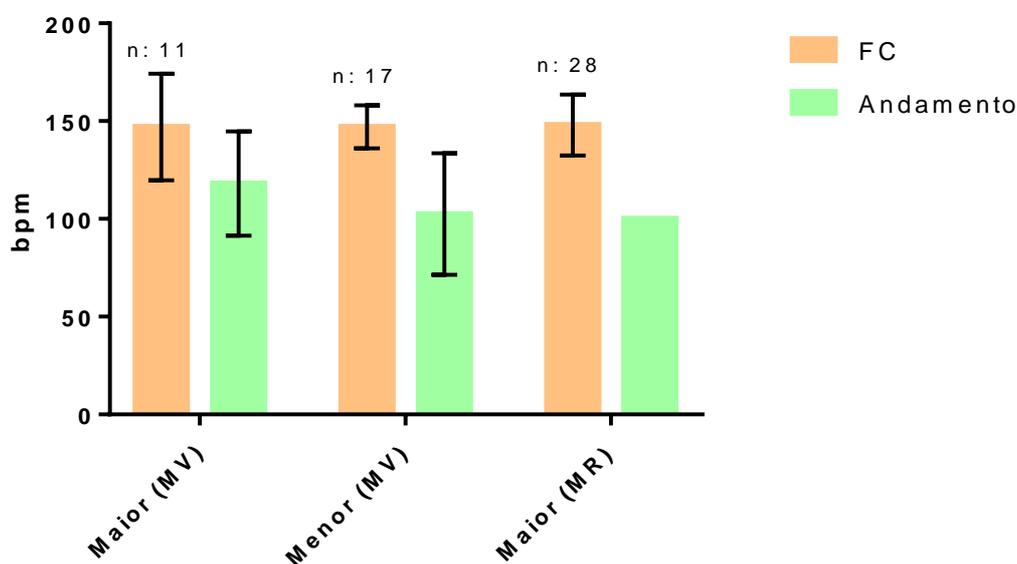


Figura 37 - Frequência cardíaca e Andamento quando analisado tonalidade

5.3.2. Gênero Musical

Nas músicas de gênero musical rock, hip hop e eletrônico, a média da FC foi maior que a média do andamento. Somente no funk apresentou-se média maior no andamento que na FC (Figura 38).

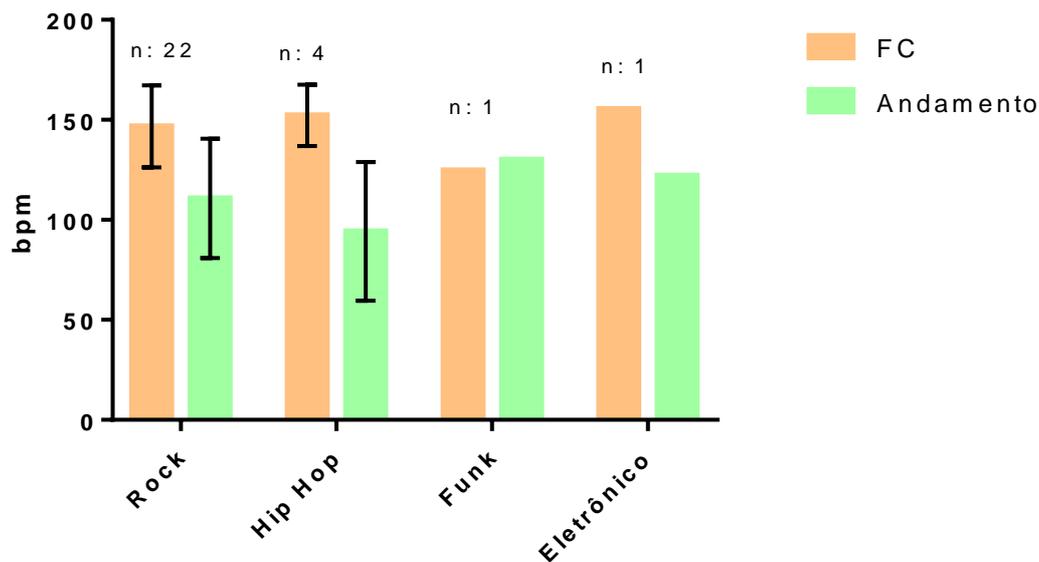


Figura 38 - Frequência cardíaca e Andamento quando analisado gênero musical

5.3.3. Compasso

O resultado se repete também quando comparado às divisões de compassos, sugerindo que a frequência cardíaca independe do andamento da música (Figura 39).

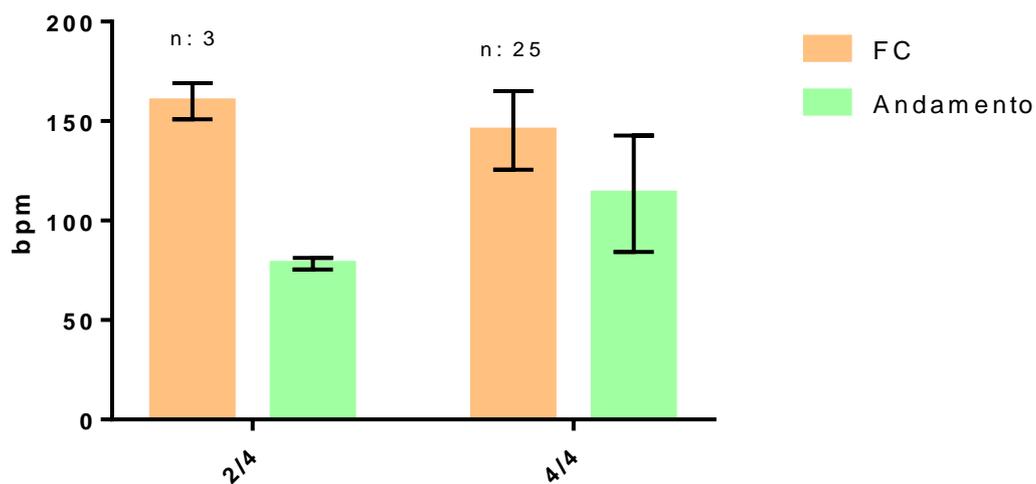


Figura 39 - Frequência cardíaca e Andamento quando analisado a divisão de compasso da música

5.3.4. Andamento Rítmico

Quando analisada a cadência no remo, o andamento rítmico entre 105 e 130 bpm, possibilita maior cadência comparado os demais, no entanto se iguala ao andamento musical da Música Relaxante (Figura 40).

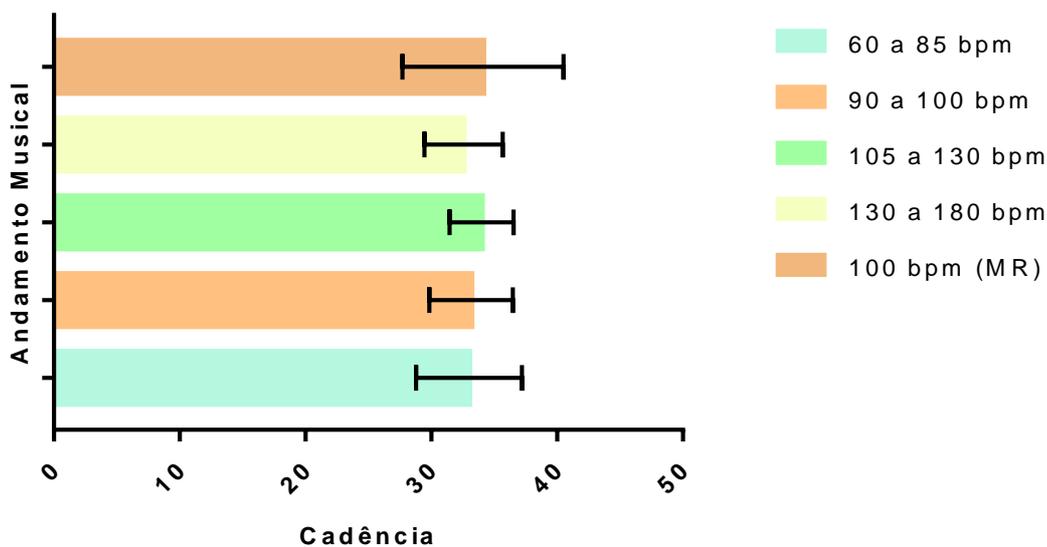


Figura 40 – Cadência do Remo quando analisado a divisão de andamento musical

Quanto ao gasto calórico, o resultado também foi maior quando utilizadas músicas de andamento entre 105 e 130 bpm. Músicas com andamento entre 90 e 100 bpm apresentaram menor perda que o andamento musical 100, usado na música relaxante (Figura 41).

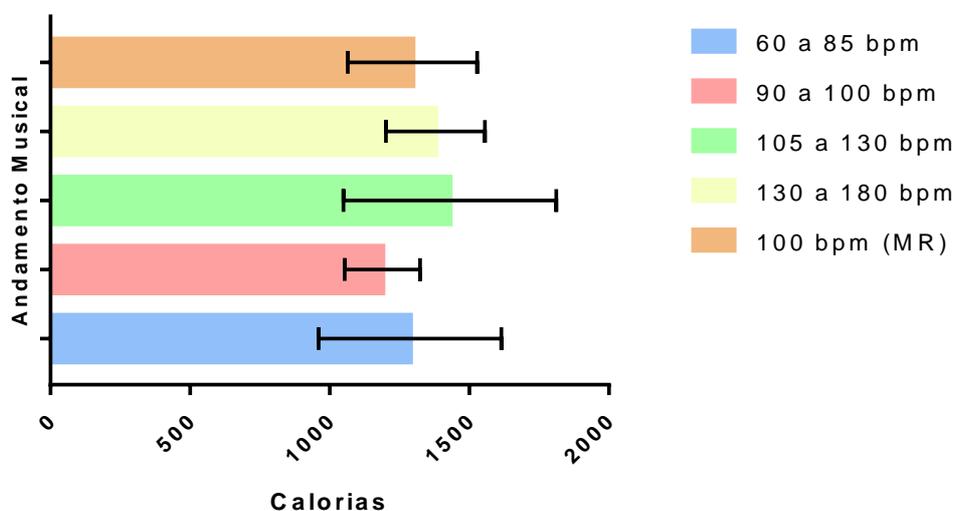


Figura 41 - Calorias quando analisado a divisão de andamento musical

6. DISCUSSÃO

Os objetivos deste estudo foram detectar os efeitos da música motivacional na variabilidade da frequência cardíaca e nos níveis de concentração de lactato sanguíneo durante o exercício físico; aferir os níveis de concentração de lactato sanguíneo após tiros de remo indoor; identificar os padrões cardiovasculares controlados pelo sistema nervoso autônomo por meio da variabilidade da frequência cardíaca; avaliar as características rítmicas musicais correlacionadas à atividade autônoma durante a prática de remo indoor. Para isso, utilizou-se a pesquisa do tipo experimental, com estudo hipotético-dedutivo e randomizado com 30 voluntários.

Os resultados demonstraram diferenças de variação quando comparadas duas situações diferentes, intragrupo e intergrupo. As análises intragrupo foram realizadas quando os indivíduos foram submetidos a tiros de 1 minuto. Neste, os achados sugerem diferença significativa para concentração de lactato sanguíneo e correlação do componente HF da VFC com o rendimento, potência e calorias na fase em que não houve estímulo sonoro. Já as análises intergrupos ocorrem durante o percurso de 2 quilômetros, no qual houve diferença estatística quanto a concentração de lactato sanguíneo e rendimento para os parâmetros de tempo, potência e calorias.

Quando avaliados os dados intragrupo, a concentração de lactato foi maior ao utilizar a música do voluntário como estímulo sonoro. Apesar de haver evidências fisiológicas para o papel da música no aumento do desempenho durante o exercício, não tem sido muito explorado acerca do impacto de diferentes tipos de músicas em respostas metabólicas (Yamasaki, 2012). A influência da música foi estudada em 10 homens bem treinados durante a corrida em esteira. Os resultados combinados sugerem um impacto psicobiológico quanto a mudanças no lactato e no esforço percebido (Szmedra, Bacharach, 1998).

Não foi encontrada diferença significativa entre música lenta, rápida ou em condições sem música para variável lactato sanguíneo (Lim, 2009). Ouvir música com ritmo lento ou rápido por 20 min antes do exercício supramáximo

de 45 segundos também não afetou significativamente os níveis de lactato (Yamamoto et al, 2003).

Existe um efeito psicológico diferencial quando comparado os níveis de treinamento. A música com ritmo acelerado proporciona mais efeito positivo em corredores inexperientes durante exercício de alta intensidade que em corredores treinados (Brownley, et al, 1995).

Considerando os efeitos de ordem e variação, efetuamos a análise comparativa para as duas variáveis com objetivo de confirmar o efeito significativo da música do voluntário quando comparado à música relaxante e em condições sem estímulo sonoro, nos níveis de lactato. Afirmando o resultado, a terceira ordem aleatória de audição provocou maior aumento nos níveis de lactato. Analisando as ordens individualmente, a única ordem que a concentração de lactato não foi maior na escuta da música do voluntário foi a ordem 4, caracterizada por música relaxante seguida da música do voluntário e sem estímulo sonoro.

Quando a música do voluntário foi ativada, houve correlação com a média da frequência cardíaca, quanto maior a concentração de lactato, mais alta a frequência cardíaca. Do contrário, a média das ondas RR diminui quando há aumento de lactato. Até o momento não foram achados estudos que demonstrassem tais correlações.

O rendimento no remo referente à distância percorrida no tiro de 1 minuto não demonstrou diferenças significativas tanto por estímulo quanto por ordem de tiro. Elliott et al (2005) acharam aumentos significativos na distância percorrida durante exercício de 20 minutos em bicicleta ergométrica, na condição de música motivacional comparado a condição controle, sem música.

Em estudo realizado com 12 remadores, foi avaliado o efeito da música na produção de lactato e no rendimento. Não foi achada diferença estatística quanto ao aumento de lactato e nem correlação com o rendimento no remo indoor (Sudar, 2012). Nessa condição, nosso estudo encontrou correlação entre o nível de lactato e a distância percorrida durante a audição da Música do Voluntário, com voluntário que apresentaram VO_{2Max} acima de 50.

Correlações inversas entre banda de alta frequência – HF da VFC e os parâmetros distância percorrida, potência e calorias foram observadas na fase sem estímulo sonoro. A HF está relacionada à atividade parassimpática do

SNA. Este estudo sugere que quanto mais baixa a atividade parassimpática, maior o rendimento do remador. Nesta condição, há aumento da distância percorrida, da potência aplicada e ainda há maior gasto de calorias. A HF também é reduzida em homens quando se ouve o gênero musical heavy metal (Santana et al, 2017), porém, no presente estudo, não foi encontrada correlação significativa na fase de audição musical. Iwanaga et al (2005) reportam que o componente HF foi maior durante audição de música relaxante que de música excitatória, porém o mesmo que durante o exercício sem música.

Os achados nas análises dos dados intergrupos indicam diferença significativa na concentração de lactato somente entre os grupos SE e MR. Apesar de não haver diferença significativa no grupo MV, os índices de concentração de lactato entre os grupos SM e MV são maiores que no grupo MR, indicando que, em exercícios dos quais exigem ritmos acelerados quando se percorre longa distância, estímulos sonoros com ritmo oposto devem ser evitados. Em controvérsia, ao investigar os efeitos da música e vídeos motivacionais combinados durante exercício de alta intensidade, 6 homens foram submetidos a 30 min de corrida em esteira. Os participantes na condição música e vídeo percorrem maior distância que aqueles na condição não motivacionais e controle. No entanto, o controle acumulou mais lactato (Barwood et al, 2009).

Os resultados intergrupos sugerem que a música relaxante tem menos efeito na perda de calorias quando comparado ao grupo SE e MV. Pouco se obteve acerca da correlação entre música e calorias na atividade física, no entanto, ao avaliar os efeitos da música e da luz no desempenho físico durante o ciclismo indoor, não foi encontrada diferença estatística da música ou da luz sobre o gasto de calorias (Shaulov; Lufi, 2009).

No que se refere à potência, encontramos diferenças significativas menores do grupo MR quando comparado os grupos SE e MV. Já em outro estudo, foram achadas saídas de potência mais altas sob condições de música rápida e lenta que sob condição sem música (HALUK, 2009). Por outro lado, esses resultados são diferentes de estudos anteriores em que, em termos de potência, não foram encontradas diferenças significativas entre as condições sem música, música lenta e música rápida (PUJOL et al, 1999; ATAN, 2013).

A música pode sincronizar a variabilidade da frequência cardíaca em frequências próximas das oscilações circulatórias. Essa sincronização independe da modulação respiratória, o que sugere a possibilidade do envolvimento direto da música com mecanismos neuronais. Sendo assim, efeitos psicológicos e somáticos da música podem ser mediados pela influência de ritmos cardiovasculares inerentes do sistema nervoso (Bernardi, 2009). Em nosso estudo, não foram encontradas diferenças significativas entre a variabilidade da frequência cardíaca e as estruturas da música, a saber, tonalidade, gênero musical e compasso. Em todas essas, a frequência cardíaca alcançou um número maior de bpm comparado ao andamento da música. Isso nos leva a restabelecer a importância da subjetividade da música quando usada para fins específicos na fisiologia humana. Considerar esta condição significa dar atenção ao processo neural ativado pela preferência musical ativa, não somente pela singularidade psicofísica do sujeito, mas também pela afetividade para com o contexto em que a música está inserida no sujeito.

O andamento rítmico musical pode regular o controle do sistema circulatório durante movimentos repetitivos, podendo intervir nas respostas motoras. Quando isso ocorre, há cooptação entre os ritmos musical e biológico, causando uma sinergia com o batimento cardíaco (Schaefer et al, 2014). Um estudo encontrou sinergismo entre o movimento do corpo e o ritmo da música quando o andamento rítmico musical alcançou a pulsação constante de 128 batimentos por minuto (bpm) (Moelants, 2003).

Ao analisar a relação entre frequência cardíaca e a preferência de ritmo musical, 128 estudantes de graduação relataram preferências por ritmo lento, médio e rápido para três condições de caminhada na esteira, sendo 40%, 60% e 75% da frequência cardíaca máxima. Assim como nosso estudo, também não foram encontradas interações com preferência musical, mas houve diferença para intensidade do exercício e o andamento musical (KARAGEORGHIS et al, 2006). Esses efeitos podem ser diferenciados em decorrência do objetivo proposto ao estudar o efeito da música durante a atividade. Especificar se o sujeito deve realizar o teste em movimento síncrono ou assíncrono à música pode levar a resultados com características

opostas. No presente estudo, o grupo MR gastou mais tempo na realização do teste de 2km comparado aos grupos SE e MV.

Sendo assim, entendemos que música desempenha um papel motivacional para o desempenho do movimento (Thaut, 2005), podendo alterar as medidas cinemáticas e dinâmicas da força muscular. O prévio conhecimento da duração do movimento muda o planejamento motor do sistema nervoso (Thaut, 2015). Desta forma, o andamento rítmico musical pode influenciar o tempo de movimento, a unidade central de coordenação do controle motor, e ainda modular padrões de ativação muscular e controlar a amplitude de movimento (Thaut, 1999).

7. CONCLUSÃO

Este trabalho expõe os efeitos da música motivacional nos níveis de concentração de lactato sanguíneo durante o exercício físico, usando remo indoor para apresentar dados de atividade cíclica. E ainda as correlações do lactato com o rendimento e variabilidade da frequência cardíaca.

Os níveis de concentração de lactato sanguíneo foram maiores quando usado a música do voluntário durante a execução da tarefa, bem como houve aumento do rendimento, em distância. Tais resultados podem ser usados por treinadores para ganho de maior rendimento do atleta em competições.

Os dados dos padrões rítmicos da música demonstraram que o efeito motivacional tem a ver com a preferência musical do atleta, mas o andamento rítmico pode ser alterado sem que haja mudança no desempenho.

Até o momento, não foram achados estudos anteriores que correlacionem o aumento de lactato sanguíneo com o aumento do rendimento de atletas, usando as variáveis de música do voluntário, música relaxante e sem estímulo sonoro.

Apesar de não encontrarmos diferença significativa referente a variabilidade da frequência cardíaca, houve correlação entre desempenho e frequência cardíaca média, na condição Musica do Voluntário.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, Leandro S. et al. Freqüência cardíaca máxima em esteira ergométrica em diferentes horários. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 6, p. 318-322, 2006.

ALVES-PINTO, Ana et al. The Case for Musical Instrument Training in Cerebral Palsy for Neurorehabilitation. **Neural plasticity**, v. 2016, 2016.

ANDRADE, Mário César; ÁVILA, Aluisio Otavio V. O uso da música na prática da atividade física. **Revista Tecnicouro**, p. 72-75, 2007.

ATAN, Tugba. Effect of music on anaerobic exercise performance. **Biology of sport**, v. 30, n. 1, p. 35, 2013.

AVERS, Laura; MATHUR, Ambika; KAMAT, Deepak. Music therapy in pediatrics. **Clinical pediatrics**, v. 46, n. 7, p. 575-579, 2007.

AVELINO, N.C. Desenvolvimento de instrumentos musicais e seus efeitos na reabilitação de paciente pós-operatório com trauma osteomuscular. 2014. 67p. Dissertação de Mestrado – Bioengenharia, Universidade Camilo Castelo Branco, São José dos Campos-SP, 2014.

BACON, C. J. et al. Effect of music-movement synchrony on exercise oxygen consumption. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 52, n. 4, p. 359, 2012.

BANGERT, Marc; ALTENMÜLLER, Eckart O. Mapping perception to action in piano practice: a longitudinal DC-EEG study. **BMC neuroscience**, v. 4, n. 1, p. 26, 2003.

BANGERT, Marc; SCHLAUG, Gottfried. Specialization of the specialized in features of external human brain morphology. **European Journal of Neuroscience**, v. 24, n. 6, p. 1832-1834, 2006.

BANGERT, Marc; SCHLAUG, Gottfried. Specialization of the specialized in features of external human brain morphology. **European Journal of Neuroscience**, v. 24, n. 6, p. 1832-1834, 2006.

BARDY, Benoît G. et al. Sound-induced stabilization of breathing and moving. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1337, n. 1, p. 94-100, 2015.

BARTHET, Mathieu; FAZEKAS, György; SANDLER, Mark. Multidisciplinary perspectives on music emotion recognition: Implications for content and context-based models. **Proc. CMMR**, p. 492-507, 2012.

BARWOOD, Martin J. et al. A motivational music and video intervention improves high-intensity exercise performance. **Journal of sports science & medicine**, v. 8, n. 3, p. 435, 2009.

BEARD, Renée L. Art therapies and dementia care: A systematic review. **Dementia**, v. 11, n. 5, p. 633-656, 2012.

BENENZON, R. **Manual de Musicoterapia**. Rio de Janeiro: Enelivros, 1985.

BENENZON, R. **Teoria da Musicoterapia**. 2.ed. São Paulo: Summus, 1988.

BERNARDI, Luciano et al. Dynamic interactions between musical, cardiovascular, and cerebral rhythms in humans. **Circulation**, v. 119, n. 25, p. 3171-3180, 2009.

BOASCZIK, Vanessa Michele; KMITA, Aline; VERONEZ, Michele Regiane Dias. A modelagem matemática no uso de fones de ouvido em MP3 players. IN: **ENCONTRO PARANAENSE DE MODELAGEM EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**, v. 4, 2014.

BOOD, Robert Jan et al. The power of auditory-motor synchronization in sports: enhancing running performance by coupling cadence with the right beats. **PloS one**, v. 8, n. 8, p. e70758, 2013.

BRADT, Joke et al. Music therapy for acquired brain injury. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, v. 7, n. 2, 2010.

BROWNLEY, Kimberly A.; MCMURRAY, Robert G.; HACKNEY, Anthony C. Effects of music on physiological and affective responses to graded treadmill exercise in trained and untrained runners. **International Journal of Psychophysiology**, v. 19, n. 3, p. 193-201, 1995.

CAMPOS, Luciana A. et al. Mathematical biomarkers for the autonomic regulation of cardiovascular system. **Frontiers in physiology**, v. 4, p. 279, 2013.

CLARKE, Eric F. **Ways of listening: An ecological approach to the perception of musical meaning**. OUP USA, 2005.

BERTUZZI, Rômulo Cássio et al. Metabolismo do lactato: uma revisão sobre a bioenergética e a fadiga muscular. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, v. 11, n. 2, p. 226-234, 2009.

DI PRAMPERO, Pietro Enrico; FERRETTI, Guido. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. **Respiration physiology**, v. 118, n. 2-3, p. 103-115, 1999.

DIXON, Simon. Automatic extraction of tempo and beat from expressive performances. **Journal of New Music Research**, v. 30, n. 1, p. 39-58, 2001.

EDWORTHY, Judy; WARING, Hannah. The effects of music tempo and loudness level on treadmill exercise. **Ergonomics**, v. 49, n. 15, p. 1597-1610, 2006.

ELLIOTT, Dave; CARR, Sam; ORME, Duncan. The effect of motivational music on sub-maximal exercise. **European journal of sport science**, v. 5, n. 2, p. 97-106, 2005.

GALIŃSKA, E. Music therapy in neurological rehabilitation settings. **Psychiatr Pol.** v. 29. n. 42, p. 835-846, 2015.

GASENZER, E. R.; LEISCHIK, R. Musik, Puls, Herz und der Sport. **Herz**, v. 43, n. 1, p. 43-52, 2018.

GRAMANI, José Eduardo. **Rítmica viva: a consciência musical do ritmo**. UNICAMP, 1996.

HALUK, Koç; TURCHIAN, Curtseit; ADNAN, Curtseit. INFLUENCE OF MUSIC ON WINGATE ANAEROBIC TEST PERFORMANCE. **Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health**, v. 9, n. 2, 2009.

HERHOLZ, Sibylle C.; ZATORRE, Robert J. Musical training as a framework for brain plasticity: behavior, function, and structure. **Neuron**, v. 76, n. 3, p. 486-502, 2012.

IAZZETTA, Fernando. Tutoriais de Áudio e Acústica. 2010.

IWANAGA, Makoto; KOBAYASHI, Asami; KAWASAKI, Chie. Heart rate variability with repetitive exposure to music. **Biological psychology**, v. 70, n. 1, p. 61-66, 2005.

KARAGEORGHIS, Costas I.; JONES, Leighton; LOW, Daniel C. Relationship between exercise heart rate and music tempo preference. **Research quarterly for exercise and sport**, v. 77, n. 2, p. 240-250, 2006.

KARAGEORGHIS, Costas I.; PRIEST, David-Lee. Music in the exercise domain: a review and synthesis (Part I). **International review of sport and exercise psychology**, v. 5, n. 1, p. 46-66, 2012.

KARAGEORGHIS, Costas; PRIEST, David-Lee. Music in Sport and Exercise: An Update on Research and Application. **Sport Journal**, v. 11, n. 3, 2008.

KARAGEORGHIS, Costas I. **Applying music in exercise and sport**. Human Kinetics, 2016.

KOMI, P.V. **Força e Potência no Esporte**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

LEIGHTON, Timothy G. What is ultrasound?. **Progress in biophysics and molecular biology**, v. 93, n. 1-3, p. 3-83, 2007.

LENT, R. 100 bilhões de neurônios. **Rio de Janeiro: Editora Atheneu**, 2010.

LIM, H. B. T. et al. Effects of differentiated music on cycling time trial. **International journal of sports medicine**, v. 30, n. 06, p. 435-442, 2009.

LIM, Hayoung A.; MILLER, Karen; FABIAN, Chuck. The effects of therapeutic instrumental music performance on endurance level, self-perceived fatigue level, and self-perceived exertion of inpatients in physical rehabilitation. **Journal of music therapy**, v. 48, n. 2, p. 124-148, 2011.

LIN, Shih-Hsiang et al. A study of the relationship between two musical rhythm characteristics and heart rate variability (HRV). In: **BioMedical Engineering and Informatics, 2008. BMEI 2008. International Conference on**. IEEE, 2008. p. 344-347.

MADISON, Guy. Experiencing groove induced by music: consistency and phenomenology. **Music Perception: An Interdisciplinary Journal**, v. 24, n. 2, p. 201-208, 2006.

MAGEE, Wendy L. et al. The role of music therapy in an interdisciplinary approach to address functional communication in complex neuro-communication disorders: A case report. **Disability and Rehabilitation**, v. 28, n. 19, p. 1221-1229, 2006.

MALDOVAN, Martin. Sound and heat revolutions in phononics. **Nature**, v. 503, n. 7475, p. 209, 2013.

MARTENS, Jonas et al. Intra-individual variability of surface electromyography in front crawl swimming. **PloS one**, v. 10, n. 12, p. e0144998, 2015.

MAZZONE, Thomas. SPORTS PERFORMANCE SERIES: Kinesiology of the rowing stroke. **Strength & Conditioning Journal**, v. 10, n. 2, p. 4-13, 1988.

MCARDLE, William D.; KATCH, Frank I.; KATCH, Victor L. **Essentials of exercise physiology**. New York: Lippincott Williams & Wilkins, 2010.

MED, Bohumil. Teoria da música. rev. e ampl. 4.ed. **Brasília, DF: Musimed**, 1996.

MEHR, K. et al. Music therapy in different dental specialties. **Przegląd lekarski**, v. 69, n. 10, p. 1049-1052, 2012.

MOELANTS, Dirk. Dance music, movement and tempo preferences. In: **Proceedings of the 5th Triennial ESCOM Conference**. Hanover University of Music and Drama, 2003. p. 649-652.

MOELANTS, Dirk. Dance music, movement and tempo preferences. In: **Proceedings of the 5th Triennial ESCOM Conference**. Hanover University of Music and Drama, 2003. p. 649-652.

MORAES, Roger de. **Fisiologia do exercício**. Rio de Janeiro: SESES, 2016.

NUNES-SILVA, Marília et al. A música para indução de relaxamento na Terapia de Integração Pessoal pela Abordagem Direta do Inconsciente: ADI/TIP. **Contextos Clínicos**, v. 5, n. 2, p. 88-99, 2012.

PECKEL, Mathieu; POZZO, Thierry; BIGAND, Emmanuel. The impact of the perception of rhythmic music on self-paced oscillatory movements. **Frontiers in psychology**, v. 5, p. 1037, 2014.

PINHEIRO, OP, 2014, Estudo de indicadores de risco de infarto do miocárdio em pacientes menopáusicos e andropáusicos via análise da variabilidade da frequência cardíaca, Universidade Camilo Branco, 58 p.

PUJOL, Thomas J.; LANGENFELD, Mark E. Influence of music on Wingate Anaerobic Test performance. **Perceptual and motor skills**, v. 88, n. 1, p. 292-296, 1999.

RATCLIFF, Chelsea G. et al. Music therapy for patients who have undergone hematopoietic stem cell transplant. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2014, 2014.

REED, Stephen K.; GERBINO, Walter. **Psicologia cognitiva**. Il mulino, 1994.

SCHAEFER, Rebecca S. et al. Moving to music: effects of heard and imagined musical cues on movement-related brain activity. **Frontiers in human neuroscience**, v. 8, p. 774, 2014.

SHAULOV, Naama; LUFU, Dubi. Music and light during indoor cycling. **Perceptual and motor skills**, v. 108, n. 2, p. 597-607, 2009.

SHOEMARK, Helen et al. Culturally transformed music therapy in the perinatal and paediatric neonatal intensive care unit: An international report. **Music and Medicine**, v. 7, n. 2, p. 34-36, 2015.

SIEVERS, Beau et al. Music and movement share a dynamic structure that supports universal expressions of emotion. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 1, p. 70-75, 2013.

SILVA, Lúcia de Fátima da et al. VITAL SIGNS AND NURSING PROCEDURES IN POSTOPERATIVE PERIOD OF CARDIAC SURGERY. **Journal of Nursing UFPE/Revista de Enfermagem UFPE**, v. 8, n. 3, 2014.

SILVA, Lúcia de Fátima da et al. VITAL SIGNS AND NURSING PROCEDURES IN POSTOPERATIVE PERIOD OF CARDIAC SURGERY. **Journal of Nursing UFPE/Revista de Enfermagem UFPE**, v. 8, n. 3, 2014.

SILVA, Paulo Roberto Santos et al. Níveis de lactato sanguíneo, em futebolistas profissionais, verificados após o primeiro e o segundo tempos em partidas de futebol. **Acta Fisiátrica**, v. 7, n. 2, p. 68-74, 2016.

SMIRMAUL, B. P.; DOS, RV Santos; DA, LV Silva Neto. Pre-task music improves swimming performance. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 55, n. 12, p. 1445-1451, 2015.

STEELE, Christopher J. et al. Early musical training and white-matter plasticity in the corpus callosum: evidence for a sensitive period. **Journal of Neuroscience**, v. 33, n. 3, p. 1282-1290, 2013.

STIFANI, Nicolas. Motor neurons and the generation of spinal motor neurons diversity. **Frontiers in cellular neuroscience**, v. 8, p. 293, 2014.

SUDAR, Joe. Music and rowing: the effects of genre, familiarity, and preference. 2012.

SZMEDRA, L.; BACHARACH, D. W. Effect of music on perceived exertion, plasma lactate, norepinephrine and cardiovascular hemodynamics during treadmill running. **International journal of sports medicine**, v. 19, n. 1, p. 32-37, 1998.

TARVAINEN, Mika P. et al. Kubios HRV–heart rate variability analysis software. **Computer methods and programs in biomedicine**, v. 113, n. 1, p. 210-220, 2014.

TAYLOR, Dale B. **Biomedical foundations of music as therapy**. Barton Publications, 2010.

THAUT, M. H. et al. The connection between rhythmicity and brain function. **IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine**, v. 18, n. 2, p. 101-108, 1999.

THAUT, Michael H. The future of music in therapy and medicine. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1060, n. 1, p. 303-308, 2005.

THAUT, Michael H. **Rhythm, music, and the brain: Scientific foundations and clinical applications**. Routledge, 2005.

THAUT, Michael H.; DAVIS, William B. The influence of subject-selected versus experimenter-chosen music on affect, anxiety, and relaxation. **Journal of Music Therapy**, v. 30, n. 4, p. 210-223, 1993.

THAUT, Michael H.; MCINTOSH, Gerald C.; HOEMBERG, Volker. Neurobiological foundations of neurologic music therapy: rhythmic entrainment and the motor system. **Frontiers in psychology**, v. 5, p. 1185, 2015.

TOIVAINEN, Petri; LUCK, Geoff; THOMPSON, Marc R. Embodied meter: hierarchical eigenmodes in music-induced movement. **Music Perception: An Interdisciplinary Journal**, v. 28, n. 1, p. 59-70, 2010.

TRAPPE, Hans-Joachim. The effects of music on the cardiovascular system and cardiovascular health. **Heart**, v. 96, n. 23, p. 1868-1871, 2010.

VANDERLEI, Luiz Carlos Marques et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular/Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery**, v. 24, n. 2, p. 205-217, 2009.

YAMAMOTO, T. et al. Effects of pre-exercise listening to slow and fast rhythm music on supramaximal cycle performance and selected metabolic variables. **Archives of Physiology and Biochemistry**, v. 111, n. 3, p. 211-214, 2003.

YAMASAKI, Alisa et al. The impact of music on metabolism. **Nutrition**, v. 28, n. 11, p. 1075-1080, 2012.

ANEXOS

ANEXO A**PROJETO: CARACTERÍSTICAS E EFEITOS DA MÚSICA MOTIVACIONAL NA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDIACA E METABOLISMO DURANTE O EXERCÍCIO FÍSICO.****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL**1. Informações do Participante da Pesquisa**

Nome:		
Documento de Identidade (tipo):	Nº.:	Sexo: () M () F
Local de Nascimento:	Data de Nascimento: / /	
Endereço:	Nº.:	
Complementos:	Bairro:	
Cidade:	Estado:	
CEP:	Telefones:	

Você está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa acima identificado. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua colaboração neste estudo será de muita importância para nós, mas se desistir, a qualquer momento, isso não causará nenhum prejuízo a você.

2. Informações do Responsável Legal

Nome:		
Natureza (grau de parentesco, tutor, curador etc.):		
Documento de Identidade (tipo):	Nº.:	Sexo: () M () F
Local de Nascimento:	Data de Nascimento: / /	
Endereço:	Nº.:	
Complementos:	Bairro:	
Cidade:	Estado:	
CEP:	Telefones:	

DADOS SOBRE A PESQUISA**3. Título do Projeto de Pesquisa**

Características e efeitos da música motivacional na variabilidade da frequência cardíaca e metabolismo durante o exercício físico.

4. Nome do Pesquisador Responsável

Nathalya de Carvalho Avelino	
Afiliação: Programa de Doutorado em Engenharia Biomédica	
Cargo/ Função: Discente	Nº de registro profissional: 3-170043 MTS APEMESP
CV Lattes: http://lattes.cnpq.br/0311024456612122	

5. Nome do Pesquisador Assistente (Orientador)

Prof. Dr. Osmar Pinto Neto	
Email: osmar235@hotmail.com	Fone: (12) 98146-0693
Cargo/ Função: Docente	Afiliação: Universidade Anhembi Morumbi
CV Lattes: http://lattes.cnpq.br/1854353569383030	

6. Instituição

Universidade Anhembi Morumbi
Endereço: Parque Tecnológico de São José dos Campos, Av. Dr. Altino Bondesan, 500 – Distrito de Eugênio de Melo – São José dos Campos, SP

ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA

O objetivo desta pesquisa é investigar os efeitos da música motivacional na variabilidade da frequência cardíaca e metabolismo durante o exercício físico.

O benefício esperado é a possibilidade de ser avaliado com uso da música, pois trata-se de uma técnica que pode tornar o protocolo lúdico.

O risco esperado é que você pode sentir possíveis dores musculares caso esteja há dias sem treinar. E ainda pode haver desconforto no momento da coleta de sangue para análise de lactato, pois usa-se agulha.

Asseguro-lhe que serão respeitados os seus direitos de acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466/12, citados abaixo, tendo você:

1º - a garantia de receber informações gerais sobre a justificativa, os objetivos e os procedimentos que serão utilizados na pesquisa, assim como o esclarecimento e orientação sobre qualquer dúvida referente a esta pesquisa;

2º - a liberdade de retirar o seu consentimento a qualquer momento e/ou deixar de participar deste estudo, sem que isto lhe traga penalização ou prejuízo de qualquer natureza a sua pessoa, ao doente e aos seus familiares;

3º - a segurança de que não será identificado (a) e que será mantido o sigilo e o caráter confidencial de informações relacionadas à sua privacidade. Caso haja necessidade de identificação, o consentimento deverá ser declarado junto à assinatura do Paciente/ Sujeito do Estudo/ Responsável Legal.

4º - a garantia de não existência de riscos, danos físicos ou mesmo constrangimento moral e ético;

5º - a garantia de que, se houver despesas decorrentes de sua participação na pesquisa, estas serão garantidas por este pesquisador; a sua participação é isenta de despesas, entretanto tenha ciência de que não será remunerado pela participação na pesquisa.

6º - a garantia de que toda e qualquer responsabilidade nas diferentes etapas desta pesquisa é deste pesquisador;

7º - a garantia de que todo o material referente à Coleta dos Dados para a construção dessa pesquisa e de outros estudos posteriores correlacionados ficará sob a guarda deste pesquisador, o qual poderá ser solicitado por você a qualquer momento.

8º - o sujeito da pesquisa será encaminhado ao seu médico assistente ou à rede pública, caso julgue necessário o pesquisador médico, mediante guia de encaminhamento.

9º - autorizar a utilização de dados clínicos, laboratoriais e lâminas histológicas de seu caso clínico/cirúrgico e documentação radiológica que se encontram em sua ficha de prontuário médico, para apresentação do mesmo em encontros científico e publicação em revista científica.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, igualmente válidas, assinadas e rubricadas em todas as suas páginas, sendo uma retida com o pesquisador responsável e outra com o participante da pesquisa conforme o disposto pela Resolução CNS nº 466 de 2012, itens IV.3.f e IV.5.d.

Pesquisa avaliada e autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Camilo Castelo Branco – UNICASTELO, Rua Carolina Fonseca, 584 – Itaquera. São Paulo/SP. CEP: 08230-030.

CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente protocolo de pesquisa, e inclusive torná-lo público em trabalhos científicos da pesquisadora Nathalya de Carvalho Avelino, e do orientador deste estudo, o Prof. Dr. Osmar Pinto Neto, desde que respeitado o aqui estipulado.

Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. 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 eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

Sendo assim, declaro o meu consentimento em participar, livre e voluntariamente, como sujeito desta pesquisa, assinando com o pesquisador e rubricamos as páginas anteriores.

Assinatura do Paciente/ Responsável
Legal

Data ____ / ____ / ____

Para casos de pacientes menores de 18 anos, analfabetos, semi-analfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual.

Assinatura da testemunha

Data ____ / ____ / ____

(Somente para o responsável do projeto)

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pelo
estudo
(carimbo)

Data ____ / ____ / ____

ANEXO B - Termo de aprovação do projeto pelo comitê de ética



UNIVERSIDADE CAMILO
CASTELO BRANCO -
UNICASTELO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Caracterização dos parâmetros metabólicos, eletromiográficos e biomecânicos do uso de instrumentos musicais na musicoterapia.

Pesquisador: Nathalya de Carvalho Avelino

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 60133616.2.0000.5494

Instituição Proponente: Universidade Camilo Castelo Branco

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.903.646

Apresentação do Projeto:

Trata-se de resposta ao último parecer do CEP-UNICASTELO, o qual apontou as seguintes pendências:

"Remover do resumo as seções e apresentá-lo em texto corrido.

Materiais como computador, impressora, câmera não são de consumo, assim colocá-los como material permanente.

Onde se encontra o Anexo 1, referido na seção 2.5?

Recomendações:

Projeto aprovado após descrição mais específica sobre o alvo da pesquisa."

Objetivo da Pesquisa:

Não se aplica

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não se aplica

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pendências sanadas pelo pesquisador responsável.

Endereço: RUA CAROLINA FONSECA, 584

Bairro: ITAQUERA

CEP: 08.230-030

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11) 2070.0127

E-mail: comite.etica@unicastelo.edu.br



UNIVERSIDADE CAMILO
CASTELO BRANCO -
UNICASTELO



Continuação do Parecer: 1.903.646

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Pendências sanadas.

Recomendações:

Nenhuma recomendação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O protocolo está ADEQUADO, pois foram sanadas as PENDÊNCIAS apontadas anteriormente. Pelo exposto somos pela colocação DO PROTOCOLO na condição de APROVADO.

Considerações Finais a critério do CEP:

O colegiado aprovou o parecer do relator ficando o projeto na condição de Aprovado.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_750947.pdf	03/12/2016 18:38:06		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Doc2.docx	03/12/2016 18:37:50	Nathalya de Carvalho Avelino	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	09/08/2016 17:42:50	Nathalya de Carvalho Avelino	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Anuencia.pdf	09/08/2016 17:32:13	Nathalya de Carvalho Avelino	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	09/08/2016 17:29:34	Nathalya de Carvalho Avelino	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 01 de Fevereiro de 2017

Assinado por:
SILVIA CRISTINA NUNEZ
(Coordenador)

Endereço: RUA CAROLINA FONSECA, 584
Bairro: ITAQUERA
UF: SP Município: SAO PAULO

CEP: 08.230-030

Telefone: (11)2070-0167

E-mail: comite.etica.sp@unicastelo.edu.br

ANEXO C – Dados Físicos e Fisiológicos

Sujeitos	Peso	Altura	Idade	IMC	Sexo	VO ₂ Max
imc_svr_m	111	1,87	30	31,74	M	40,77
wp_srv_s	70	1,77	38	22,34	M	58,93
amp_srv_r	62	1,71	15	21,2	F	31,05
rjs_vrs_s	82	1,8	32	25,31	M	51,83
rlr_vse_m	80	1,82	27	24,15	M	54,06
mkm_rsv_r	82	1,85	28	23,96	M	60,06
gmp_srv_m	83	1,8	33	25,62	M	62,35
gpm_vrs_r	50	1,56	24	20,55	F	36
fsp_rvs_m	100	1,86	34	28,91	M	51,75
ehs_srv_m	87	1,79	29	27,15	M	51,72
cbt_vsr_r	63	1,69	19	22,06	F	46,43
crc_rsv_s	85	1,75	29	27,76	M	56,18
gsd_svr_r	74	1,69	29	25,91	F	48,99
hmh_vsr_s	93	1,73	29	31,07	M	57,8
dnc_rvs_s	87	1,81	34	26,56	M	53,45
efo_rvs_r	65	1,65	37	23,88	M	63,85
lgn_vsr_r	88	1,67	15	31,55	M	30,11
lcs_rsv_m	97	1,87	19	27,74	M	50,57
sks_svr_m	60	1,7	28	20,76	F	62,92
lao_rvs_r	74	1,79	27	23,1	F	46,96
tal_vrs_s	75	1,75	31	24,49	M	65
bm_srv_s	67	1,7	33	23,18	M	52,24
emj_vsr_m	102	1,73	32	34,08	M	38,24
cra_svr_s	66	1,63	32	24,84	M	50
fvp_rsv_r	73	1,76	37	23,57	M	59,93
cfm_vrs_r	62	1,61	30	23,92	F	46,77
rcp_svr_s	84	1,88	24	23,77	M	62,5
fc_rvs_m	76	1,78	37	23,99	M	61,84
mav_svr_m	72	1,78	48	22,72	M	44,1
gsc_rsv_s	64	1,68	24	22,68	M	48,44

ANEXO D - Dados Gerais tabulados por Desvio Padrão

sujeitos	Lactato (mmol/l)					Distância (m)			Watt			SPM			Calorias		
	Rep.	Aquec.	SE	MR	MV	SE	MR	MV	SE	MR	MV	SE	MR	MV	SE	MR	MV
wp_srv_s	1,5	2,5	7,8	3,4	11,2	328	314	320	316	279	294	34	29	31	1388	1258	1311
amp_srv_r	1,8	4,9	8,9	11,2	12,3	301	288	283	225	198	188	38	41	41	1075	980	948
gmp_srv_m	1,2	2,3	3,6	8	8,7	311	316	315	303	316	313	29	24	26	1343	1388	1376
bm_srv_s	2,1	2	7,3	8,9	10,3	307	315	313	252	273	267	35	37	34	1168	1237	1217
imc_svr_m	1,3	0,9	6,1	11,2	8,8	273	292	308	247	303	357	65	56	61	1149	1343	1528
gsd_svr_r	3,7	3,1	5,3	9	9,3	306	295	314	267	239	288	34	32	33	1217	1120	1289
cra_svr_s	0,8	4,5	9	10,7	11,6	319	270	292	282	170	215	28	24	25	1268	886	1039
rcp_svr_s	3,2	2,9	6	14,2	11,1	359	342	351	470	405	437	37	34	35	1917	1694	1803
mav_svr_m	2,8	2,7	5,2	7,6	10,2	263	292	254	166	228	150	38	41	35	871	1084	814
mkm_rsv_r	4	2	8,4	4,6	11,4	318	323	322	319	336	333	36	36	36	1399	1457	1445
crc_rsv_s	2,4	6	6,6	7,4	8,5	304	300	312	276	288	310	32	32	32	1289	1248	1365
lcs_rsv_m	1,6	2,6	2,9	8,4	8,9	293	315	287	282	350	264	29	34	30	1268	1504	1207
fvp_rsv_r	2	2,6	4,3	7,1	7,8	317	329	323	294	329	310	32	34	33	1311	1433	1365
gsc_rsv_s	2,4	2,3	3,8	5,3	7	264	228	275	156	101	177	33	29	32	835	646	909
rlr_vsr_m	1	2,4	11,3	12,5	6,9	330	316	318	354	310	316	40	40	38	1516	1365	1388
cbt_vsr_r	1,2	2,9	5,4	5,2	4,5	276	279	282	177	181	188	31	33	33	909	924	948
hnh_vsr_s	2,8	3	4,2	5	5,7	285	272	278	252	217	233	36	36	34	1168	1048	1102
lgn_vsr_r	2,2	4,1	7	8,8	10,3	291	304	274	258	294	215	32	31	35	1187	1039	1311
emj_vsr_m	2,1	2,1	6,4	8,8	10,8	314	310	313	354	357	343	27	27	28	1528	1480	1516
fsp_rvs_m	1,7	3,2	10,4	4,8	9,6	330	323	337	409	382	437	31	30	32	1707	1616	1803
dnc_rvs_s	0,7	5,8	5,7	7,4	8	291	292	293	255	258	261	29	29	30	1178	1187	1197
efo_rvs_r	1,2	0,9	2,3	6,2	7,2	287	298	296	203	225	223	33	36	33	997	1075	1066
lao_rvs_r	1,5	3,1	4,3	3,3	8,5	280	290	294	205	228	236	33	35	33	1005	1084	1111
fc_rvs_m	1,4	1,2	8,3	3,2	5,7	289	273	284	228	193	217	38	38	36	1084	964	1048
rjs_vrs_s	0,9	1,4	12,7	8	6,2	320	319	318	326	323	319	33	33	33	1422	1410	1399
tal_vrs_s	1	2,7	4,7	7,5	13	332	323	347	343	316	394	30	28	29	1480	1388	1654
cfv_vrs_r	2,2	2,6	7,8	8,7	8,6	251	260	297	131	146	217	31	30	33	749	801	1048

ANEXO E – Dados Gerais tabulados por VO2Max > 50

sujeitos	VO ₂ Max	Lactato (mmol/l)					Distância (m)			Watt			SPM			Calorias		
		Rep.	Aquec.	SE	MR	MV	SE	MR	MV	SE	MR	MV	SE	MR	MV	SE	MR	MV
wp_srv_s	58,93	1,5	2,5	7,8	3,4	11,2	328	314	320	316	279	294	34	29	31	1388	1258	1311
rjs_vrs_s	51,83	0,9	1,4	12,7	8	6,2	320	319	318	326	323	319	33	33	33	1422	1410	1399
rlr_vsr_m	54,06	1	2,4	11,3	12,5	6,9	330	316	318	354	310	316	40	40	38	1516	1365	1388
mkm_rsv_r	60,06	4	2	8,4	4,6	11,4	318	323	322	319	336	333	36	36	36	1399	1457	1445
gmp_srv_m	62,35	1,2	2,3	3,6	8	8,7	311	316	315	303	316	313	29	24	26	1343	1388	1376
fsp_rvs_m	51,75	1,7	3,2	10,4	4,8	9,6	330	323	337	409	382	437	31	30	32	1707	1616	1803
crc_rsv_s	56,18	2,4	6	6,6	7,4	8,5	304	300	312	276	288	310	32	32	32	1289	1248	1365
hmh_vsr_s	57,8	2,8	3	4,2	5	5,7	285	272	278	252	217	233	36	36	34	1168	1048	1102
dnc_rvs_s	53,45	0,7	5,8	5,7	7,4	8	291	292	293	255	258	261	29	29	30	1178	1187	1197
efo_rvs_r	63,85	1,2	0,9	2,3	6,2	7,2	287	298	296	203	225	223	33	36	33	997	1075	1066
tal_vrs_s	65	1	2,7	4,7	7,5	13	332	323	347	343	316	394	30	28	29	1480	1388	1654
bm_srv_s	52,24	2,1	2	7,3	8,9	10,3	307	315	313	252	273	267	35	37	34	1168	1237	1217
cra_svr_s	50	0,8	4,5	9	10,7	11,6	319	270	292	282	170	215	28	24	25	1268	886	1039
fvp_rsv_r	59,93	2	2,6	4,3	7,1	7,8	317	329	323	294	329	310	32	34	33	1311	1433	1365
rcp_svr_s	62,5	3,2	2,9	6	14,2	11,1	359	342	351	470	405	437	37	34	35	1917	1694	1803
fc_rvs_m	61,84	1,4	1,2	8,3	3,2	5,7	289	273	284	228	193	217	38	38	36	1084	964	1048

ANEXO F – Dados brutos da Variabilidade da Frequência Cardíaca

mean_hr	stdhr	rmssd	nn50	pnn50	rr_tri	tinn	vlf	lf	hf	total	lf_hf	sd1	sd2
174,87	1,39	4,2	0	0	1.773	10	0	0	0	0	0,492	2,9	2,1
148,4	1,22	4	0	0	1.917	15	1	2	2	5	0,855	2,8	3,2
170,9	1,63	5,2	0	0	1.438	20	0	0	0	1	1.090	3,7	2,5
153,75	1,08	4	0	0	1.782	20	0	0	0	1	1.062	2,9	2
158,22	2,98	5,8	0	0	1.861	80	0	0	0	1	0,932	4,1	9,7
184,65	1,3	3,4	0	0	1.295	10	0	0	0	0	0,653	2,4	1,9
170,2	1,16	3,2	0	0	1.152	20	0	1	2	3	0,555	2,3	2,2
168,68	1,31	4,2	0	0	1.342	20	0	0	0	0	0,766	3	2,2
192,77	1,43	3,4	0	0	1.836	10	0	0	0	0	0,546	2,4	1,9
175,1	1,31	4	0	0	1.645	10	0	0	1	1	0,221	2,7	2,1
189,34	1,79	4,4	0	0	1.967	15	0	0	0	0	0,57	3	2,4
194,17	1,46	3,3	0	0	1.594	10	0	0	0	0	0,535	2,4	1,9
169,98	1,12	3	0	0	1.771	10	0	0	0	0	0,165	2,4	2
157	13,43	19	28	3,8	2.587	260	11	19	11	41	1.781	13,7	26,7
176,41	1	2,9	0	0	1.982	10	0	0	0	0	0,664	2	1,8
182,37	1,91	3	0	0	1.255	35	0	0	0	0	1.241	2,2	4,4
190,16	2	3,5	0	0	1.374	15	0	1	0	1	3.338	2,5	2,5
164,38	1	5	0	0	1.768	15	0	0	0	1	0,505	3,3	2,1
172,45	2,33	7,3	0	0	1.854	20	0	0	1	1	0,208	5,2	3,6
175,26	1,77	5,2	0	0	1.738	20	0	0	0	0	0,457	3,7	2,8
188,69	1,68	4	0	0	1.521	20	0	0	1	1	0,07	2,8	2,4
151,94	1,34	4,2	0	0	1.209	20	1	1	0	2	2.907	3	3
180,04	8,38	23,6	54	6	1.942	105	0	0	4	5	0	16,7	10,6
176,03	3,85	6,8	0	0	2.385	40	7	22	20	49	1.073	4,8	8,4
157,68	1,29	3,8	0	0	1.941	10	0	3	1	4	3.106	2,7	3,2
114,1	13,44	8,4	0	0	6.800	135	467	258	18	743	13.946	5,9	46,1
102,08	21	8,3	0	0	6.551	135	678	256	32	965	8.087	5,9	39
148,21	4,75	4,5	0	0	1.950	70	7	28	10	45	2.919	3,2	15
134,53	1,58	4	0	0	1.623	30	2	10	3	14	3.746	2,8	5,8