



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA – MESTRADO

LETÍCIA NASCIMENTO SANTOS NEVES

**AVALIAÇÃO DA CONCORDÂNCIA DOS LIMIARES METABÓLICOS POR MEIO
DE TRÊS MÉTODOS DIFERENTES DE IDENTIFICAÇÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

VITÓRIA

2019

LETÍCIA NASCIMENTO SANTOS NEVES

**AVALIAÇÃO DA CONCORDÂNCIA DOS LIMIARES METABÓLICOS POR MEIO
DE TRÊS MÉTODOS DIFERENTES DE IDENTIFICAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física do Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para a obtenção do título de mestre em Educação Física.

Área de concentração: Educação Física, movimento corporal humano e saúde.

Orientador: Profa. Dra. Luciana Carletti
(CEFD/UFES)

VITÓRIA

2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

N511a Neves, Letícia Nascimento Santos, 1993-
 AVALIAÇÃO DA CONCORDÂNCIA DOS LIMIARES
 METABÓLICOS POR MEIO DE TRÊS MÉTODOS
 DIFERENTES DE IDENTIFICAÇÃO / Letícia Nascimento
 Santos Neves. - 2016.
 82 f. : il.

 Orientadora: Luciana Carletti.
 Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade
 Federal do Espírito Santo, Centro de Educação Física e Desportos.

 1. Limiar Anaeróbio. 2. Limiar de Lactato. 3. Variabilidade
 da Frequência Cardíaca. 4. Limiar Ventilatório. 5. Desempenho.
 I. Carletti, Luciana. II. Universidade Federal do Espírito Santo.
 Centro de Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU: 796

LETÍCIA NASCIMENTO SANTOS NEVES

**AVALIAÇÃO DA CONCORDÂNCIA DOS LIMIARES METABÓLICOS POR MEIO
DE TRÊS MÉTODOS DIFERENTES DE IDENTIFICAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
do Programa de Pós-Graduação em Educação
Física da Universidade Federal do Espírito
Santo, como requisito parcial para a obtenção
do título de mestre em Educação física.

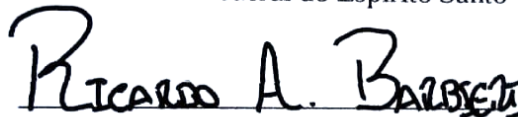
Vitória, 26 de Abril de 2019.

COMISSÃO EXAMINADORA:



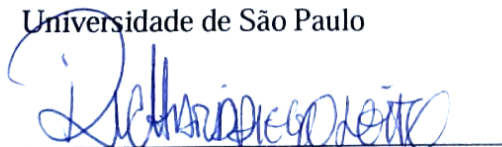
Prof.ª. Dra. Luciana Carletti

Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Ricardo Augusto Barbieri

Universidade de São Paulo



Prof. Dr. Richard Diego Leite

Universidade Federal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade que ele me deu para seguir este caminho e por permitir que tudo desse certo.

Agradeço a minha família por sempre me apoiar e me incentivar neste caminho, por cuidar de mim sempre que precisei e por acreditar que isso é uma etapa essencial no meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço ao meu noivo, Samuel Stork dos Santos pelo apoio, estando longe ou perto, por me ajudar até mesmo em alguns momentos práticos, ultrapassando o apoio moral. Mas, principalmente por conseguir me incentivar e me colocar para cima quando necessitei.

Agradeço a professora e orientadora Luciana Carletti por acreditar em mim, por permitir que eu crescesse ao teu lado, pelo carinho, pela paciência (porque não sou fácil – risos) e por permitir aprender ao menos um pouco deste seu exemplo, extraordinário, profissional e pessoal. Muito obrigada!

Agradeço ao Victor Hugo Gasparini Neto, que muitas vezes eu perturbei para me ajudar, pela paciência, pelo carinho e pelas valiosas contribuições durante o mestrado.

Agradeço as grandes contribuições acadêmicas do professor Ricardo Augusto Barbieri e Richard Diego Leite, pelo aceite em participar da Banca, por permitir um maior peso científicos nos dados analisados, aprimorando a qualidade do trabalho e pela atenciosidade de cada um deles, que estava sempre disposto a ajudar quando precisei.

Agradeço também a todos os professores, que me apoiaram sempre que precisei, ao Prof. Maurício e a Prof^a. Natália pelo carinho, pela paciência e pelo incentivo a sempre buscar mais e focar nos meus objetivos.

Agradeço aos alunos de graduação que participaram voluntariamente se disponibilizando e contribuindo de maneira efetiva na minha formação.

Agradeço também a todos os amigos dos laboratórios do CEFD pelas belas contribuições acadêmicas, pela companhia e pelo incentivo.

Por fim, agradeço todos que acreditaram em mim e contribuíram de maneira direta ou indireta para que esse caminho fosse realizado e ultrapassado. Muito obrigada!

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - INTEGRAÇÃO FISIOLÓGICA DOS LIMIARES METABÓLICOS	22
FIGURA 2 - LINHA DO TEMPO DE APLICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS	35
FIGURA 3- EXEMPLO DE IDENTIFICAÇÃO DOS LIMIARES DE LACTATO	39
FIGURA 4- EXEMPLO DE IDENTIFICAÇÃO DOS LIMIARES VENTILATÓRIOS	40
FIGURA 5- EXEMPLO DE IDENTIFICAÇÃO DOS LIMIARES DE VFC	41
FIGURA 6- ANÁLISE DE BLAND ALTMAN PARA VELOCIDADE NO LIMAR 1 E 2.....	49
FIGURA 7- ANÁLISE DE BLAND ALTMAN PARA O VO2 NO LIMAR 1 E 2	50
FIGURA 8- ANÁLISE DE BLAND ALTMAN PARA FC NO LIMAR 1 E 2	51

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS	43
TABELA 2 -COMPARAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS DOS MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO DOS LIMIARES 1.	44
TABELA 3 - COMPARAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS DOS MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO DOS LIMIARES 2	44
TABELA 4 -ERRO TÍPICO (ET) ENTRE OS MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO DOS LIMIARES 1 E 2	45
TABELA 5 - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) ENTRE OS LIMIARES PARA VELOCIDADE, VO_2 E FREQUÊNCIA CARDÍACA (FC).....	46
TABELA 6- COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO INTRACLASSE (ICC) E CORRELAÇÃO DE PEARSON (R)	47

RESUMO

Os limiares metabólicos são marcadores fisiológicos de intensidade, importantes na avaliação e prescrição de exercícios físicos, e que podem ser determinados por meio de diversas variáveis metabólicas, dentre elas a lactacidemia, os parâmetros ventilatórios e mais recentemente pela variabilidade da frequência cardíaca (VFC). A lactacidemia e os parâmetros ventilatórios estão mais consolidados na literatura como marcadores independentes dos limiares metabólicos. No entanto, ao se tratar da VFC há ainda inconsistência nos resultados dos estudos, principalmente com o uso de diferentes variáveis interpretativas e sua complexidade em análise. Isso dificulta sua aplicação prática, não permitindo concluir se os métodos (limiar de lactato 1 e 2, limiar ventilatório 1 e 2, mas, principalmente, o limiar de variabilidade da frequência cardíaca 1 e 2) poderiam ser usados de maneira intercambiável. Assim, o objetivo desta pesquisa foi verificar se há concordância entre os três métodos de identificação dos limiares metabólicos 1 e 2. A amostra foi composta por 34 participantes, adultos jovens (± 22 anos), estudantes universitários, do sexo masculino. Os procedimentos foram divididos em duas visitas ao laboratório. Inicialmente, foram coletados os dados da anamnese e as medidas antropométricas. Em seguida foi realizado o teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) com protocolo rampa até a exaustão, para identificar o limiar ventilatório, e estimar a velocidade de início do teste escalonado. Após 48h, foi realizado o segundo teste, o teste progressivo escalonado (TPE) composto por estágios de 3min, para identificação dos limiares metabólicos. *Manova* foi utilizada para comparação das médias entre métodos, seguido de *post-hoc* de *Sidak*. A correlação de *Pearson* foi aplicada para verificar associação entre os métodos. O coeficiente de variação (CV) e o erro típico (ET) foram utilizados para verificar variabilidade e precisão, o coeficiente de correlação intraclassa (ICC) e o Bland Altman para avaliar confiabilidade e concordância. Os resultados revelaram que no limiar 1, embora tenham apresentado boa concordâncias para o VO_2 e velocidade, pela FC não houve concordância. Em contrapartida, no limiar 2 foram encontradas boas concordâncias (alta confiabilidade). Portanto, com base nos resultados, no limiar 2 os três métodos podem ser usados de maneira intercambiável/independente, no entanto no limiar 1 há controversas, podendo ser usado apenas como ferramenta auxiliar na identificação do limiar 1.

Palavras-chave: Limiar Anaeróbio, Limiar de Lactato, Variabilidade da Frequência Cardíaca, Limiar Ventilatório, desempenho.

ABSTRACT

Metabolic thresholds are physiological intensity markers, important in the evaluation and prescription of physical exercises, and can be determined through several variables, among them lactacidemia, ventilatory parameters and, more recently, heart rate variability (HRV). Lactacidemia and ventilatory parameters are further consolidated in the literature as independent markers of metabolic thresholds. However, when it comes to HRV there is still inconsistency in the results of the studies, mainly with the use of different interpretative variables. This complicates its practical application, not allowing to conclude that the methods (lactate threshold 1 and 2, ventilatory threshold 1 and 2, but mainly the heart rate variability threshold 1 and 2) could be used interchangeably. Thus, this investigation aims to evaluate the agreement between the three identification methods of metabolic thresholds 1 and 2. The sample consisted in 34 participants, young adults (± 22 years), university students, male. The procedures were divided into two visits to the laboratory. Initially, anamnesis data and anthropometric measures were collected. The cardiopulmonary exercise test (CPx) with ramp protocol until exhaustion was performed to identify the ventilatory threshold, and to estimate the speed at which the step test started. After 48h, the second test was performed, the stepwise progressive test (TPE) composed 3 min stages to identify the metabolic thresholds. Manova was used to compare means between methods, followed by Sidak post-hoc. Pearson's correlation was applied to verify association between the methods. The coefficient of variation (CV) and typical error (TE) were used to verify variability and precision, the intraclass correlation coefficient (ICC) and Bland Altman to evaluate reliability and agreement. The results revealed that at threshold 1, although acceptable concordances were found, the variability values were high and the reliability low. On the other hand, at threshold 2, good agreement, acceptable variability and high reliability were found. Therefore, based on the results, three methods can be used interchangeably/independently at threshold 2, however at threshold 1 showed controversial, but can be used as an auxiliary tool in the identification of the threshold 1.

Key words: Anaerobic Threshold, Lactate Threshold, Heart Rate Variability, Ventilatory Threshold, performance.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO	15
2.1. OBJETIVO GERAL	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1. LIMIARES METABÓLICOS: HISTÓRIA E CONCEITOS	15
3.2. INTEGRAÇÃO FISIOLÓGICA DOS LIMIARES METABÓLICOS.....	20
3.3. MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DOS LIMIARES.....	22
3.3.1. <i>Limiares determinados a partir da concentração de lactato sanguíneo</i>	23
3.3.2. <i>Limiares Ventilatórios</i>	25
3.3.3. <i>Variabilidade da Frequência Cardíaca</i>	27
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
4.1. AMOSTRA.....	33
4.2. PROCEDIMENTOS	34
4.2.1. <i>Cuidados e precauções antes dos testes</i>	35
4.2.2. <i>Antropometria</i>	35
4.2.3. <i>Teste cardiopulmonar de exercício – TCPE</i>	36
4.2.3.1. <i>Coleta e Identificação dos Limiares Ventilatórios</i>	37
4.2.4. <i>Teste Progressivo Escalonado</i>	38
4.2.4.1. <i>Coleta e identificação do Limiar de Lactato</i>	38
4.2.4.2. <i>Coleta e Identificação do Limiar Ventilatório</i>	39
4.2.4.3. <i>Coleta e identificação dos Limiares de Variabilidade da FC (LVFC)</i>	40
4.3. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS	42
5 RESULTADOS.....	43
6 DISCUSSÃO	52
7 CONCLUSÃO.....	58
8 REFERÊNCIAS	59
APÊNDICE A.....	71
APÊNDICE B	73
ANEXO I.....	78

1 INTRODUÇÃO

O consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_2\text{max}$) é definido como a capacidade máxima do organismo de captar, transportar e utilizar oxigênio durante exercícios vigorosos (BASSETT; HOWLEY, 2000). Comumente esta variável é utilizada para indicar a aptidão aeróbia e o efeito de treinamento (BASSETT; HOWLEY, 2000; DE ARAÚJO et al., 2017; WELTMAN et al., 2013). A identificação mais precisa do $\dot{V}O_2\text{max}$ é realizada pelo teste de esforço cardiopulmonar até a exaustão (ACSM, 2014). Essa variável é aplicada para diferenciar e avaliar grupos populacionais heterogêneos sob o ponto de vista da aptidão física, porém, para avaliar grupos homogêneos, que teriam valores de $\dot{V}O_2\text{max}$ semelhantes, ou para grupos específicos, que poderiam ter limitações para realização de um teste máximo (por exemplo idosos e obesos), entretanto o uso do VO_2 é um pouco limitado pois não possui boa sensibilidade a alterações máximas e não tem boa aplicação prática (BILLAT et al., 1995; COTTIN et al., 2004). Além disso, para atletas, se faz necessário utilizar marcadores fisiológicos submáximos de intensidade, que são mais precisos para esta finalidade, como é o caso dos limiares metabólicos (BERTUZZI et al., 2013; CONLEY; KRAHENBUHL, 1980).

Os limiares metabólicos são, portanto, indicadores importantes da aptidão aeróbia, pois podem demarcar dois momentos fisiológicos (limiar 1 e 2) que permitem dividir o exercício em domínios de intensidade (leve, moderada e intensa) (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009). O limiar 1, denominado limiar anaeróbio ou limiar aeróbio, (KINDERMANN; SIMON; KEUL, 1979a; WASSERMAN; MCILROY, 1964) transita entre a zona leve para a zona moderada, e o limiar 2, denominado limiar anaeróbio ou início de acúmulo do lactato sanguíneo, (KINDERMANN; SIMON; KEUL, 1979a; SJODIN; JACOBS; KARLSSON, 1981) transita da zona moderada para intensa.

Essa variável, além de ser útil na prescrição e avaliação dos exercícios, é um indicador importante da aptidão aeróbia porque dependem principalmente de adaptações periféricas (capacidade de fosforilação oxidativa muscular), sendo sensível aos efeitos de treinamento, até em indivíduos treinados que alteram pouco o VO_2 após o treinamento. O limiar 1, por exemplo, deslocado para direita (para níveis mais elevados de $\% \dot{V}O_2\text{max}$), pode gerar implicações funcionais, ou seja, o indivíduo consegue suportar o exercício durante um intervalo maior de tempo. Isso é compatível com uma melhor eficiência na produção e remoção do lactato, além

de sinalizar para adaptações cardiovasculares, respiratórias e musculares (DENIS et al., 1982; FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; NAKAMURA et al., 2005; SILVA et al., 1999).

Para a identificação dos limiares metabólicos, diferentes marcadores fisiológicos podem ser utilizados por métodos invasivos e não invasivos. Por meio da análise sanguínea (lactato, glicose, catecolaminas), da análise das trocas gasosas (VEq, V-Slope), da eletromiografia, da frequência cardíaca (ponto de deflexão e variabilidade da frequência cardíaca) e da espectroscopia por infravermelho (AZEVEDO et al., 2009; CAEN et al., 2018; HUG et al., 2003; SHIRAISHI et al., 2018; SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

Nesse contexto, muitos desses métodos possuem um alto custo e não são acessíveis à sociedade, assim como para os profissionais da saúde que precisam utilizá-los, trazendo a necessidade do uso de ferramentas mais econômicas. Pesquisas mais recentes estão utilizando prioritariamente três marcadores para identificação dos limiares: o lactato e a troca gasosa (VEq e V-slope), por serem validados, e bem aceitos na literatura para a determinação dos limiares metabólicos, e a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), que traz a vantagem de não ser invasiva, ter um custo menor e não necessitar de ser mensurada em laboratório (KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008; SALES et al., 2011).

Mas a identificação dos limiares metabólicos pela VFC possuem um grau de complexidade maior em sua interpretação, pois se devem a ajustes do sistema autonômico, que por meio dos nervos aferentes e eferentes providenciam o controle cardiorrespiratório por meio dos sistemas simpático e parassimpático (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016). Esses nervos podem ser excitados por estímulos mecânicos e químicos: (1) mecanorreceptores, sensíveis aos estímulos mecânicos como toque, pressão, estiramento e movimento; (2) barorreceptores, sensíveis a mudanças na pressão arterial; e (3) quimiorreceptores que são sensíveis as mudanças na pressão de oxigênio (PO_2), na pressão de gás carbônico (PCO_2), na temperatura e a alterações no pH (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016). Nesse contexto, antes e no início do exercício (estímulos mecânicos), o centro de comando neural acima da região bulbar inicia as alterações cardiovasculares, estimulando o sistema nervoso simpático (SNS) a liberar as catecolaminas que agem acelerando a despolarização do nó sinoatrial (SA), aumentando o efeito cronotrópico e inotrópico cardíaco (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016). Enquanto que o sistema nervoso parassimpático (SNP), quando estimulados, liberam acetilcolina que agem retardando o ritmo da descarga sinusal, diminuindo a frequência cardíaca (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016).

Assim, no início do exercício, a FC aumenta por inibição parassimpática, provinda do comando central. À medida que o exercício vai se intensificando (do leve para o moderado), os quimiorreceptores percebem um aumento da concentração de CO_2 a partir do tamponamento do H^+ pelo bicarbonato e subsequente formação de lactato, que no exercício leve pode ser oxidado pelo músculo e pelo coração. Na transição da intensidade leve para moderada, a produção do lactato está acima dos valores de repouso, normalmente 1mM, denominado limiar de lactato 1 – LL1 (BERTUZZI et al., 2009). Consequentemente, os mecanorreceptores e quimiorreceptores estimulam um aumento desproporcional na ventilação, em relação ao consumo de oxigênio, a fim de eliminar esse CO_2 interno, denominado limiar ventilatório 1 – LV1 (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016), este período, coincide com a retirada completa da participação do nervo vago (inibição do SNP) no qual é demarcado um limiar denominado de variabilidade da frequência cardíaca - LVFC1 (KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008; TULPPO et al., 1998).

À medida em que a intensidade exercício aumenta progressivamente (moderado para vigoroso), a adrenalina aumenta proporcionalmente, e as concentrações de lactato começam a aumentar de maneira exponencial (LL2), superando sua capacidade de remoção, provocando consequentemente aumento das concentrações de H^+ , levando a acidose (queda do pH), aumento de temperatura, que pode prejudicar a ação das enzimas, estimulando os quimiorreceptores que respondem aumentando a ventilação pulmonar (denominado de limiar ventilatório 2 – LV2).

Nesse sentido, estudos apontam que nesse momento em especial, ocorrem aumentos nas variáveis representativas do sistema parassimpático, mas que provavelmente é influenciado pela frequência respiratória estar muito elevada, interferindo nos sinais de variabilidade da frequência cardíaca, de maneira positiva, pois permite a demarcação de um momento de transição entre as zonas moderada e vigorosa, se assemelhando ao LV2 e possivelmente ao LL2, denominado de limiar de variabilidade da frequência cardíaca 2 (LVFC2) (MANKOWSKI et al., 2016).

Com isso, Karapetian (2008) avaliou a concordância de três métodos para o limiar 1 (L1). Os resultados deste estudo, mostraram que o ponto de deflexão do intervalo RR, estão relacionados ao aumento do sistema nervoso autônomo simpático, e que também coincide com a retirada do tônus vagal (parassimpático), estando associado aos LV1 e LL1. Os autores concluem que a

determinação do LVFC1 é uma ferramenta barata e conveniente e não invasiva que pode ser substituída pelo LL1 (KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008).

Por outro lado, alguns pesquisadores, embora tenham encontrado resultados concordantes no uso do LVFC1, em indivíduos com e sem diabetes e infarto no miocárdio, eles concluem que o LVFC1 pode auxiliar na identificação do limiar ventilatório 1 e de lactato 1, mas que estudos adicionais são necessários para consolidar e investigar reprodutibilidade e sensibilidade do limiar 1 em várias intervenções, como o treinamento físico (SALES et al., 2011; SHIRAISHI et al., 2018).

Nos estudos supracitados, apenas resultados para o limiar anaeróbio (limiar 1) foram abordados, o que mostra que investigações são ainda necessárias para esclarecer sobre o limiar 2. Além disso, poucos estudos utilizaram esteira ergométrica, o que limita a validade externa para a prescrição de exercício com o uso desses critérios para praticantes de caminhada, corrida, e esportes que precisem deste tipo de deslocamento (futebol, futsal basquete, handebol, atletismo, etc.).

Além disso, embora estudos tenham apresentado resultados “positivos” para a concordância entre os limiares metabólicos por diferentes métodos, apenas Sales et al. (2011) avaliaram a concordância usando ICC (coeficiente de correlação intraclass) para dimensioná-las. Ainda assim, essas investigações mostraram métodos de análises e de identificação diferentes, dificultando para o profissional a identificação correta do LVFC, além de apresentar amostras heterogêneas em idade e em gênero.

Portanto, com base nos argumentos mencionados anteriormente, ressalta-se o questionamento: a identificação dos limiares metabólicos 1 e 2 por pelos métodos (LL, LV e LVFC), principalmente o LVFC1, em esteira, podem ser utilizados de maneira intercambiável? Nota-se, assim, que há necessidade de pesquisas que comprovem se realmente há concordância entre os métodos propostos. Nossa hipótese indica que haverá boa concordância e confiabilidade nas identificações dos limiares 1 e 2 (LV e LVFC em relação do LL) e que o LVFC poderá ser utilizado de forma intercambiável para prescrição do exercício.

2 OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo foi avaliar a concordância entre os métodos de identificação dos limiares metabólicos por meio da análise gasosa, e da variabilidade da frequência cardíaca em relação ao limiar de lactato.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar as médias das variáveis do Teste Cardiopulmonar de exercício (TCPE) escalonado entre os métodos de identificação dos limiares metabólicos (limiar de lactato, limiar ventilatório e limiar de variabilidade da frequência cardíaca);
- Avaliar a associação entre os métodos dos limiares metabólicos;
- Testar a concordância (confiabilidade), a variabilidade e a precisão entre os métodos de identificação dos limiares.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1. LIMIARES METABÓLICOS: HISTÓRIA E CONCEITOS

Em 1807, já haviam relatos sobre a formação do lactato nos músculos. Berzelius, citado por Svedahl e Macintosh (2003), foi considerado o primeiro a identificar o lactato nos músculos de cervos (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003). Desde então, muitos pesquisadores se interessaram em compreender os mecanismos em que há produção e remoção de lactato durante o esforço. Assim, Hill e Lupton (1923) afirmaram nesta época que o aumento do lactato acontecia em decorrência de um suprimento de oxigênio inadequado para atender às demandas energéticas (HILL; LUPTON, 1923). Alguns outros autores, como HUCKABEE WE (1958), WELLS, F. G (1957), também discutiram metabolismo anaeróbio e acúmulo de ácido láctico, como citado por Wasserman et al., (1964).

Com isso, alguns autores propuseram uma relação entre o nível de lactato no sangue e o grau de hipóxia muscular (YOSHIDA et al., 1987). Brooks (1985) e Davis (1985) citado por Yoshida et al. (1987), demonstraram que os níveis de lactato no sangue e no músculo começavam a aumentar na mesma proporção que o consumo de oxigênio. Assim, associaram um limiar de lactato com a capacidade aeróbia (YOSHIDA et al., 1987). Mas atualmente, sabe-se que o

lactato é produzido no citoplasma a partir do piruvato, a enzima LDH (lactato desidrogenase) auxilia nesse equilíbrio nas concentrações de lactato e piruvato (BENETTI; SANTOS; CARVALHO, 2000).

Dessa forma o limiar de lactato (LL1) foi definido pelo primeiro aumento na concentração de lactato sanguíneo acima dos níveis da linha de base (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; KINDERMANN; SIMON; KEUL, 1979a; YOSHIDA et al., 1987).

Mas, Hollman (1985), afirma ter introduzido o conceito do início do metabolismo anaeróbico, entre 1957 e 1963, para medir a capacidade de desempenho aeróbico periférico e cardiopulmonar. Esse estudo utilizou cicloergômetros e ergômetros de braço com incrementos de carga de 3 min de duração, no qual foi descrito um ponto em que a ventilação (VE) aumenta mais que a captação de oxigênio (O_2), definindo esse ponto como sendo “ponto ótimo de eficiência ventilatória” ou “limite de desempenho de resistência ao oxigênio”, que posteriormente, em 1964, Wasserman et al. (1964) propôs a nomenclatura para esse fenômeno, o limiar anaeróbio (LA), reforçando o uso de variáveis ventilatórias (HOLLMANN, 1985).

Até então, o limiar anaeróbio poderia ser detectado de três maneiras: (1) como aumento da concentração de lactato no sangue, (2) como diminuição do bicarbonato e pH do sangue arterial e (3) como aumento da relação de troca gasosa (R). Com ênfase no terceiro item, segundo os autores (WASSERMANN, K, MCILROY, 1964), é um método que pode avaliar o desempenho cardiovascular durante o esforço que dispensa a coleta de sangue e permite um acompanhamento durante o teste, evitando exercício exagerados ou perigosos a pacientes com doenças cardíacas (WASSERMAN; MCILROY, 1964). Além disso, os autores afirmam ser possível plotar o consumo de oxigênio com o R, durante os últimos 30 segundos de cada estágio do teste, obtendo uma curva sigmóide, em que a parte mais inclinada dessa curva indica o nível de consumo de O_2 em que o metabolismo anaeróbio ganha importância, correspondendo ao ponto em que a concentração de bicarbonato diminui e de lactato aumenta, conhecido como limiar do metabolismo anaeróbio (LA) (WASSERMAN; MCILROY, 1964).

Anos depois, Davis et al. (1976) realizou uma pesquisa com estudantes universitários, propondo o uso de três tipos de exercícios, ergômetro de braço, cicloergômetro e teste de esteira para determinar a validade e viabilidade da medição do LA a partir das trocas gasosas comparando com o aumento do lactato sanguíneo no exercício incremental. Os achados desse estudo apoiaram tanto a validade como a viabilidade de se medir o LA por meio da troca gasosa,

embora evidencie a necessidade de medir mais amostras de sangue para melhor análise do LA com uso do lactato (DAVIS et al., 1976).

Portanto, Davis et al. (1976) concordaram com Wasserman et al. (1964) que o conceito de LA fornece informações adicionais básicas sobre as respostas circulatórias e metabólicas do exercício físico, além de permitir comparações significativas entre sujeitos e tipos de atividade física diferentes. Assim, o LA proposto por Wasserman (1986) foi definido como sendo o nível de consumo de oxigênio durante o exercício, no qual o metabolismo aeróbio é suplementado pelo metabolismo anaeróbio, provocando aumento da produção de lactato em relação a taxa de glicólise (aumento da relação lactato/piruvato). Segundo esses autores, isso ocorre devido a oferta de oxigênio nessa intensidade não satisfazer a exigência total de O_2 pela mitocôndria dos músculos ativos, mas também pelo desequilíbrio entre a oferta e necessidade de O_2 , em que a demanda é maior que o fornecimento, provocando um aumento da glicólise anaeróbia, no intuito de fornecer energia, convertendo piruvato (o aumento do piruvato estimula a conversão para lactato) em lactato (DAVIS et al., 1976; WASSERMAN, 1986).

No entanto, o uso do termo anaeróbio é, muitas vezes, associado pelo senso comum de que a presença de lactato no músculo evidencia insuficiência do fornecimento de oxigênio, sugerindo que a ausência do oxigênio seria um pré-requisito para formação do lactato. Contudo, sabe-se que o fornecimento de energia tanto da via oxidativa quanto da glicolítica seguem paralelamente, e que esses momentos dos limiares a predominância continua sendo do sistema oxidativo, mas que por não serem capazes de suprir a demanda energética completamente, precisam do auxílio do metabolismo anaeróbio no fornecimento de energia (SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

Assim, novas pesquisas foram revelando dois momentos de transição dos limiares que seriam os limiares 1 e 2. Kinderman et al. (1979) trouxe a ideia de três zonas de intensidade durante o esforço progressivo mediada por dois momentos de transição intitulados de limiar aeróbio (limiar 1), quando os valores de lactato foram de aproximadamente 2 mmol.L^{-1} , caracterizado pelo primeiro aumento dos níveis de lactato no sangue, aumento não linear da ventilação e troca respiratória, transição aeróbia-anaeróbia, que é o que ele considera entre o primeiro e o segundo limiar, de 2 a 4 mmol.L^{-1} e o limiar anaeróbio (limiar 2) aproximadamente 4 mmol.L^{-1} na concentração de lactato, caracterizado pelo aumento exponencial do lactato no sangue (KINDERMANN; SIMON; KEUL, 1979b). Variáveis essas, importantes na prescrição do exercício, no entanto por serem invasivas são mais difíceis de serem coletadas.

Para prescrever a intensidade do exercício individualizada adequadamente é necessário compreender os mecanismos fisiológicos envolvidos durante o esforço e nos limiares metabólicos que podem ser coletados de maneira invasiva e não invasiva. Assim, pesquisadores (WASSERMAN et al., 1994a; WASSERMAN, 1984; WASSERMANN, K, MCILROY, 1964), utilizando medidas não invasivas, avaliaram indivíduos durante testes no qual o incremento de carga ocorria a cada 1 min e à medida que a intensidade do exercício progredia, os valores de $\dot{V}O_2$, $\dot{V}CO_2$ e $\dot{V}E$ aumentavam linearmente, mas perceberam que acima de um determinado ponto, que chamaram de LA (que é o limiar 1), a produção de “ácido láctico” causava um aumento adicional na produção de CO_2 e na carga de CO_2 venoso (WASSERMAN, 1984; WASSERMANN, K, MCILROY, 1964). Assim, observa-se que a medida em que aumenta a intensidade do exercício, ocorre elevação desproporcional do $\dot{V}CO_2$ em relação ao $\dot{V}O_2$, acompanhado de incremento proporcional da $\dot{V}E$, mantendo a pressão de CO_2 constante. Assim, o aumento do $\dot{V}O_2$ se mantém linear enquanto que a $\dot{V}E$ acelera, a $P_{et}O_2$ aumenta no limiar anaeróbio enquanto que a $P_{et}CO_2$ não cai reciprocamente, denominado de isocapnia (WASSERMAN, 1984).

Desta forma, o equivalente ventilatório de O_2 ($\dot{V}E/\dot{V}O_2$) aumenta sem acréscimo concomitante do equivalente ventilatório de CO_2 ($\dot{V}E/\dot{V}CO_2$). O aumento paralelo de $\dot{V}E$ e $\dot{V}CO_2$ se inicia acima do LA, momento este chamado de isocapnia do tampão, ou seja, o bicarbonato circulante compensa a acidose láctica, produzindo CO_2 , compensado pelo comportamento da hiperpneia. Assim a relação $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ e $P_{et}CO_2$ não mudam enquanto que $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ e $P_{et}O_2$ aumentam, demonstrando que o limiar 1 foi ultrapassado (WASSERMAN, 1984; WASSERMANN, K, MCILROY, 1964). Com isso, a medida que a intensidade de exercício continua a aumentar, pode ocorrer uma queda do pH, estimulando os quimiorreceptores carotídeos que respondem aumentando a ventilação mais rápido que a produção de CO_2 (WASSERMAN, 1984; WASSERMANN, K, MCILROY, 1964). Esta condição descrita pode levar a uma queda da Pressão do CO_2 arterial e diminuição do pH. Essa compensação estimulada pela acidose láctica reflete o aumento de $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ e aumenta ainda mais $\dot{V}E/\dot{V}O_2$, momento este intitulado ponto de compensação respiratório (limiar 2) (WASSERMAN, 1984; WASSERMANN, K, MCILROY, 1964).

Portanto, à medida que o indivíduo aumenta a intensidade do exercício progressivamente para próximo de sua carga máxima tolerada, a $\dot{V}E$ começa a aumentar mais acentuadamente que o $\dot{V}CO_2$, levando a uma queda gradual da $P_{et}CO_2$, com o intuito de uma compensação ventilatória

em decorrência da acidose metabólica, denominado de limiar 2 ou limiar anaeróbio ou ponto de compensação respiratória, caracterizado pela fase onde há um aumento da acidose, hiperventilação e acúmulo exponencial de lactato (KINDERMANN; SIMON; KEUL, 1979b; WASSERMAN et al., 1994a; WASSERMAN; BEAVER; WHIPP, 1990).

Além disso, uma outra variável importante no treinamento é a FC que normalmente é muito usada na prática dos profissionais da educação física, por ser uma variável fácil e prática de medir. Entretanto, esta é uma variável resultante do controle autonômico, isto é, regulada pelos sistemas simpáticos (SNS) e parassimpáticos (SNP).

Durante o repouso a predominância é do SNP, mas à medida que se inicia o exercício com carga incremental o aumento da FC inicial acontece em virtude da retirada vagal (SNP). E para medir a atividade do nervo vago, atualmente utiliza-se da variabilidade da frequência cardíaca. Entretanto, os intervalos R-R durante o esforço irão diminuir devido ao aumento da FC, assim a medida da VFC com base nos desvios padrões dos R-R podem ser influenciados pelo aumento da FC. Ainda assim, alguns estudos utilizam esses valores. No entanto, pesquisadores afirmam que a plotagem de Poincaré é um método que pode não ser influenciado, justamente por remover essa tendência dos intervalos R-R em diminuir durante o esforço progressivo, permitindo melhor interpretação da VFC (LIMA; KISS, 1999).

Desta forma, alguns estudos (BRUNETTO et al., 2005; COTTIN et al., 2004; LIMA; KISS, 1999; TULPPO et al., 1996) associaram essa retirada vagal com um dos limiares metabólicos, no qual, encontraram que a medida em que o exercício incremental se inicia a VFC decresce até aproximadamente 50% da carga de pico, onde tende a estabilizar, em valores próximos de 2ms. Assim, autores acreditam que o ponto onde a VFC atinge o primeiro platô está associado ao limiar aeróbio. A explicação básica para isso é que esse limiar poderia estar associado a transição entre a predominância simpática e parassimpática, pois sabe-se que a atividade do SNS aumentada pode provocar aumento da glicólise e produção de lactato (LIMA; KISS, 1999), melhores detalhes no item 3.2.

Após esse primeiro platô temporário, à medida que a carga continua aumentando, observa-se que a VFC cai novamente para valores próximos de zero conseguindo se manter, o que eles denominaram de segundo platô (75-85% da carga de pico), com o qual associou ao limiar anaeróbio (Limiar 2). A possível explicação para esse fenômeno é que no primeiro platô (limiar aeróbio ou limiar 1), possivelmente, ainda restaria participação do SNP, e no segundo (limiar

anaeróbio ou limiar 2) a VFC tende a desaparecer, indicando participação quase que exclusiva do SNS, gerando, conseqüentemente, um aumento nas concentrações de catecolaminas, impedindo o equilíbrio metabólico e reduzindo a capacidade de se manter por muito tempo o exercício nessa intensidade (LIMA; KISS, 1999).

Em contraste, há um incremento gradual na ativação do SNS a partir de intensidades correspondentes a LL1 e LV1, com aumento notável nas intensidades de exercício relacionadas ao segundo limiar fisiológico (ou seja, segundo limiar de lactato e limiar ventilatório - LL2 e LV2, respectivamente) (NASCIMENTO et al., 2017)

Assim, o uso da variabilidade da FC como um marcador dos limiares metabólicos vem sendo testado por muitos autores (BRUNETTO et al., 2005; COTTIN et al., 2004; KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008; LEPRÊTRE et al., 2013; LIMA; KISS, 1999; NASCIMENTO et al., 2017; NEUMAMM et al., 2012; SHIRAISHI et al., 2018; TULPPO et al., 1996) e tem sido utilizada como um marcador de intensidade mais prático, mas que ainda precisa ser melhor investigado (TULPPO et al., 1996).

Devido a essas diferentes conceituações sobre o limiar anaeróbio (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009), existem conflitos até os dias atuais quanto a nomenclatura, mas que não interferem na importância desses limiares, principalmente no seu uso para favorecer a melhora da capacidade aeróbia (VAGO et al., 1987). A determinação dos limiares, cada qual com o seu parâmetro de medição, será discutido a seguir.

3.2. INTEGRAÇÃO FISIOLÓGICA DOS LIMIARES METABÓLICOS

O sistema nervoso pode ser dividido em sistema nervoso central (SNC) e sistema nervoso periférico (SNPeriférico). O SNC consiste em encéfalo e medula espinhal e o SNPeriférico em neurônios sensoriais, aferentes e eferentes. O fluxo de informações e ações seguem um raciocínio básico: estímulo » receptor sensorial » sinal de entrada » centro integrador » sinal de saída » efetor » resposta (ligada a uma alça de retroalimentação que volta ao estímulo) (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016).

Com isso, mudanças mecânicas ou químicas podem promover alterações nos receptores sensoriais, que por sua vez irão estimular os neurônios aferentes, chegando assim no sistema nervoso central, no qual será determinado se uma resposta é necessária ou não. Se uma resposta

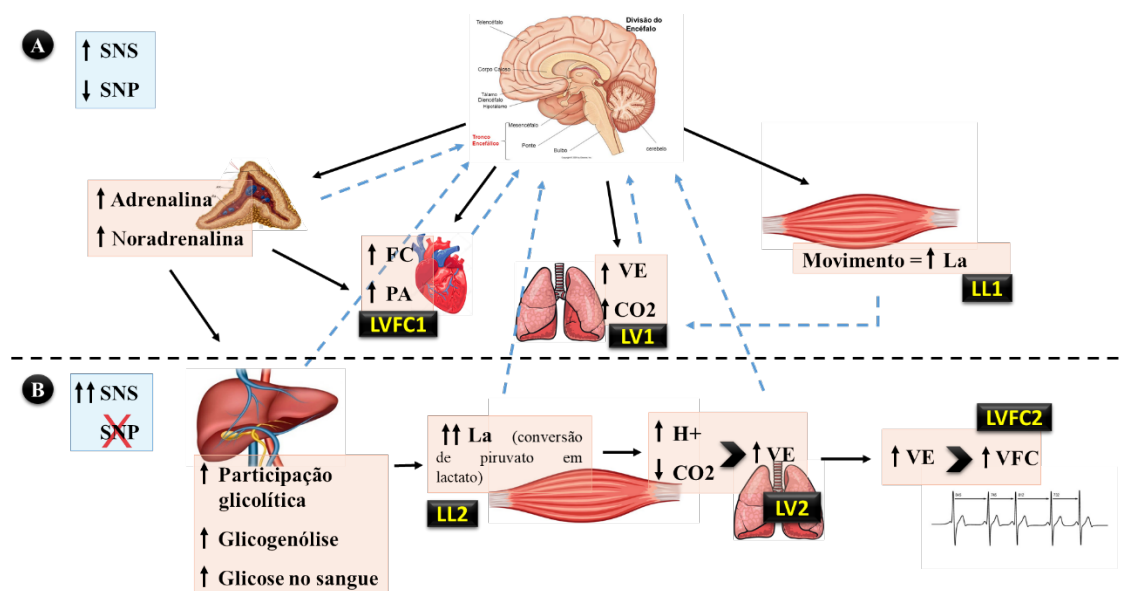
for necessária, o SNC envia sinais de saída via neurônios eferentes até a células alvo. Os neurônios eferentes se dividem em sistema nervoso autônomo (SNA) e sistema motores somáticos. O SNA é subdividido em sistema nervoso simpático (SNS) e sistema nervoso parassimpático (SNP) (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016; SALES et al., 2017). O SNA trabalha em colaboração ao sistema endócrino e o sistema do controle dos comportamentos para manter a homeostasia do corpo humano. Assim, qualquer alteração nesse equilíbrio, pode fornecer informação sensorial proveniente do somatossensorial e dos receptores viscerais que são direcionados ao centro de controle homeostático, localizado no hipotálamo, ponte e bulbo, que são os locais de monitoração da pressão arterial, temperatura e equilíbrio hídrico (SILVERTHORN, 2017)

Para manter a homeostasia, após iniciar um exercício progressivo, os mecanorreceptores estimulam via aferente o centro de controle cardiovascular para enviar uma resposta autonômica eferente, que consiste no aumento da atividade simpática e redução do estímulo parassimpático. Estas sinalizações provocam o aumento da FC, do volume sistólico e do débito cardíaco, o que facilita o aporte de sangue para ser distribuído para os músculos ativos. As vias simpáticas secretam catecolaminas que, no miocárdio, se ligam a receptores beta adrenérgicos aumentando a contratilidade muscular cardíaca (efeito inotrópico positivo) e a FC (efeito cronotrópico positivo). Enquanto que os neurônios parassimpáticos, quando ativados, liberam acetilcolina sobre seus alvos por meios dos seus receptores colinérgicos muscarínicos, reduzindo a atividade cardíaca (efeito cronotrópico negativo) (SALES et al., 2017).

O estímulo simpático também atua na glândula adrenal, que libera uma concentração adicional de noradrenalina e principalmente adrenalina. O aumento expressivo destas catecolaminas, geradas durante o exercício em estágios próximos ao primeiro limiar, provocam um aumento da FC e da pressão arterial, sensibilizando barorreceptores carotídeos e aórticos para enviar respostas via neurônios eferentes. Uma delas é retirada gradual do SNP com o intuito de manter o débito cardíaco e as demandas metabólicas, como a captação de oxigênio e eliminação de gás carbônico (LV1). Em seguida, aproximadamente acima de 60% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$, ocorre a supressão total do SNP enquanto o SNS continua aumentando. Neste momento, é possível perceber essa retirada por meio da variabilidade da frequência cardíaca, caracterizando o LVFC1 (SALES et al., 2017). Nesse período (transição de baixa para moderada intensidade), o lactato fornecido pela via glicolítica que até então era reutilizado pelo coração e outros órgãos, facilitado pela ativação dos transportadores MCT1 e MCT4 (que promovem seu transporte para fora da fibra muscular para auxiliar na remoção) começa a ter uma velocidade de produção de lactato

aumentada em relação aos valores de repouso (LL1), devido ao desequilíbrio entre produção/remoção, provocado pelo aumento da intensidade do exercício (SALES et al., 2017). À medida que o exercício se intensifica para próximo do segundo limiar, o aumento da adrenalina circulante estimula a glicogenólise e consequentemente, gera um aumento da glicemia no sangue que estava sendo utilizada durante o esforço. Com isso, o sistema oxidativo começa ter necessidade de um auxílio maior do sistema glicolítico para gerar energia, levando a um aumento exponencial na produção de lactato (LL2), e consequentemente aumento de hidrogênio e CO_2 . E para evitar que o meio perca a homeostase e fique ácido, o comando central (ponte e bulbo) que recebeu informações dos quimiorreceptores via aferente, envia o comando via eferente para que a ventilação pulmonar seja aumentada, com o intuito de eliminar o CO_2 , caracterizando o LV2. Essa mudança brusca na ventilação altera a arritmia sinusal respiratória, interferindo na variabilidade da frequência cardíaca, provocando um aumento substancial dessas variáveis, caracterizando o LVFC2 (figura 1).

Figura 1 - Integração fisiológica dos limiares metabólicos



A – Limiar 1, no qual há aumento da participação do SNS e retirada gradativa do SNP. Não ocorre acúmulo expressivo de lactato sanguíneo. A retroalimentação dos mecanorreceptores sintoniza o balanço autonômico. B – Limiar 2, supressão do controle do SNP, acompanhado de aumento expressivo do SNS. Os estímulos de retroalimentação dos quimiorreceptores e aumento da temperatura adicionam estímulos aferentes para aumentar a atividade do SNS. Seta preta contínua - resposta eferente, seta azul pontilhada - retroalimentação, aferente. Seta preta para cima – aumento.

3.3. MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DOS LIMIARES

Existem vários métodos para se mensurar os limiares metabólicos. Dentre eles existem os métodos invasivos e não invasivos (BOSQUET; LÉGER; LEGROS, 2002). Os invasivos, normalmente, ocorrem através de coletas de sangue, que são usadas para avaliar de forma mais direta determinadas substâncias do organismo humano, como lactato e glicose, que são os mais utilizados. Podem ser realizados por meio de amostras de sangue coletadas do lobo da orelha, na veia braquial ou na ponta dos dedos. A concentração de lactato durante um esforço permite a identificação dos limiares de lactato e consequentemente a participação dos metabolismos aeróbio/anaeróbio (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009).

Já os métodos não invasivos que são coletados do indivíduo sem nenhum tipo de perfuração foram desenvolvidos com o intuito de estimar os limiares comparados ao de lactato, e atualmente são os mais procurados devido a facilidade da coleta dos dados, na atração dos voluntários, diferentemente dos invasivos que tornava mais difícil a retirada de amostras de sangue, por conta da dificuldade de aceitação, dos pequenos riscos que esses métodos podem ter, além de exigir mão de obra treinada e habilitada para manuseamento (OYONO ENGUELLE et al., 1989).

Com isso, atualmente, há diversos métodos não invasivos que foram criados para identificar os limiares e suprir essas demandas, dentre eles temos: análise de trocas gasosas, ponto de deflexão da frequência cardíaca, espectroscopia por infravermelho e variabilidade da frequência cardíaca. A VFC é uma variável que vem sendo muito estudada recentemente e tem feito sucesso devido a sua facilidade e custo de aplicação (COLZATO; STEENBERGEN, 2017; HAM et al., 2017; MARCEL FERNANDES NASCIMENTO et al., 2017; RAMOS-CAMPO et al., 2017; RAVE et al., 2018; SHIRAISHI et al., 2018). No entanto, ainda são necessários estudos complementares no exercício progressivo para uma melhor consolidação a respeito do seu uso para determinar esses limiares metabólicos (CAMBRI et al., 2008; CARUSO et al., 2012; KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008; NAIMARK; WASSERMAN; MCILROY, 1964; WASSERMAN; MCILROY, 1964).

3.3.1. Limiares determinados a partir da concentração de lactato sanguíneo

Existem vários parâmetros para identificar os limiares metabólicos, dentre eles o lactato sanguíneo, a troca gasosa e a variabilidade da frequência cardíaca, que podem ser identificados por meio de métodos visuais e matemáticos. Os métodos visuais têm sido muito utilizados, são realizados por pesquisadores experientes que interpretam visualmente o comportamento das

variáveis os dados de acordo com o conceito adotado (DAVIS et al., 1976; MANKOWSKI et al., 2016; MENDIA-IZTUETA et al., 2016; OKANO; ALTIMARI; SIMÕES, 2006; WASSERMAN; MCILROY, 1964).

Já os métodos matemáticos, os mais conhecidos são o V-slope e D-max e o bissegmentado (embora tenha participação visual), são metodologias que dependem de cálculos já validados que auxiliam na identificação dos limiares metabólicos (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986; NEUMANN et al., 2012; SVEDAHL; MACINTOSH, 2003; TULPPO; MAKIKALLIO, 1996).

Dentre esses parâmetros selecionados, o lactato é o mais antigo e considerado padrão ouro para identificação dos limiares. Entretanto, existem várias nomenclaturas e métodos para sua identificação e podem ser interpretados através de concentrações fixas ou por meio da interpretação do comportamento da curva exponencial do lactato sanguíneo durante o esforço progressivo (DENADAI, 1995; FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009).

No que se refere ao comportamento do lactato para identificação do limiar 1, usou-se várias nomenclaturas, dentre elas, o OPLA (início do acúmulo de lactato no plasma), LL (limiar de lactato), o LAer (limiar aeróbio) para referenciar o limiar 1 (DENADAI, 1995). O termo OPLA, marca o momento que antecede o início do acúmulo de lactato no sangue (FARRELL et al., 1979). Dois métodos eram usados para identificá-los: (1) inspeção visual realizada por meio da apresentação gráfica de cada participante relacionando o delta do lactato, com a velocidade e com o consumo de oxigênio, (2) e através de uma regressão linear, das mesmas variáveis, no qual se identifica abaixo e acima do ponto de quebra visualmente determinado (DENADAI, 1995).

Embora as terminologias se assemelhem, o termo LL foi definido como sendo o aumento de 1 mmol.L^{-1} acima dos valores de repouso durante o exercício progressivo (COYLE et al., 1983), mas também o mesmo termo, o Limiar de Lactato (LL1), pode ser definido pelo primeiro aumento na concentração de lactato sanguíneo acima dos níveis da linha de base (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; KINDERMANN; SIMON; KEUL, 1979b; YOSHIDA et al., 1987).

Em relação as concentrações fixas, pesquisadores apontaram a proposta do primeiro aumento das concentrações de lactato, sendo aproximadamente 2 mmol.L^{-1} como um ponto de corte para identificação do limiar 1 (KINDERMAN; SIMON; KEUL, 1979a).

Por outro lado, o limiar 2 pode ser determinado na intensidade em que as concentrações de lactato no sangue apresentaram aumento abrupto e contínuo (2º quebra de linearidade da curva) ou ponto de quebra na curva de lactato (PIRES et al., 2006; SIMÕES et al., 2010). Mas também pode ser identificado através de um modelo matemático de regressão linear bissegmentar, no qual pode ser usado tanto para outras variáveis quanto para os dois limiares (HIGA et al., 2007).

A identificação pelas concentrações fixas tem sido menos usual, mas são baseadas no ponto de corte de 4 mmol.L⁻¹ (HECK et al., 1985; KINDERMANN; SIMON; KEUL, 1979a), também denominado de OBLA (início do acúmulo de lactato no sangue) (DENADAI, 1995). Entretanto, o valor de 3,5 mmol.L⁻¹, foi considerado o mais apropriado para estágios de 3min. E para estágios mais longos (5 min), sugere-se o uso de 4,0 mmol.L⁻¹ (HECK et al., 1985; PIRES et al., 2006).

3.3.2. Limiares Ventilatórios

Como a medição do lactato sanguíneo nem sempre é simples de aplicar, seja por conta do protocolo, da necessidade de determinados equipamentos, pelo tipo de população ou até mesmo pelo tipo de exercício, diferentes metodologias foram criadas para prever a resposta do lactato ao exercício (DENADAI, 1995). Como alternativa, os métodos de troca gasosa mais usuais são: equivalente ventilatório, V-slope (modelo matemático), excesso de CO₂ e o método combinado.

A identificação pelo equivalente ventilatório do limiar 1 foi definida pelo aumento do equivalente ventilatório de O₂ ($\dot{V}E/\dot{V}O_2$) sem um aumento concomitante do equivalente ventilatório de CO₂ ($\dot{V}E/\dot{V}CO_2$). Enquanto que o Limiar 2 foi definido pela queda da PetCO₂ e aumento da $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ e $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ (WASSERMAN, 1984).

O V-slope é um método computadorizado que foi criado para detectar o limiar anaeróbio (limiar 1) por meio da análise do comportamento do $\dot{V}CO_2$ em função do $\dot{V}O_2$ durante testes progressivos. Este método é usado para identificar uma quebra de linearidade do $\dot{V}CO_2$ em relação ao $\dot{V}O_2$, caracterizando o Limiar 1. Enquanto que para o limiar 2 ele plota-se a $\dot{V}E$ em função de $\dot{V}O_2$ para detectar a quebra de linearidade, caracterizando o segundo limiar (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986). Inclusive nesta pesquisa, utilizou-se uma amostra de 10 participantes que realizaram um teste no cicloergômetro com incrementos de carga de 15W por minuto. E os autores concluem que o início do excesso de CO₂ em resposta ao acúmulo

de lactato é um evento fundamental apontado pela análise de troca gasosa, principalmente entre $\dot{V}CO_2$ vs. $\dot{V}O_2$. E embora $\dot{V}E$ esteja altamente ligada com o fluxo de CO_2 , existem muitas condições em que a resposta ventilatória pode retardar a resposta metabólica (como por exemplo na obesidade, obstrução de fluxos aéreo, insensibilidade dos quimiorreceptores), sendo assim a análise do V-slope detecta o aumento de CO_2 , produzido pelo tamponamento da acidose metabólica, independente dos valores da ventilação, sendo assim melhor aplicável.

O método de excesso de dióxido de carbono ($ExCO_2$) demonstra a intensidade do exercício que provoca um aumento do estado estacionário para um excesso de produção de CO_2 ($ExCO_2$). O $ExCO_2$ foi calculado como $(\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2 - \dot{V}CO_2)$ e utilizado apenas para identificação do limiar 1 (GASKILL et al., 2001).

Além disso, os limiares ventilatórios também podem ser identificados por meio do método combinado, que consiste na comparação visual de três gráficos de cada método anteriormente citado. Ou seja, dois indivíduos treinados avaliam os dados do gráfico de cada sujeito, assim, os valores do limiar ventilatório (LV ou Limiar 1) podem ser determinados avaliando simultaneamente os três gráficos dos diferentes métodos e com isso encontrar pontos de quebra concorrentes para eliminar pontos de quebra incorretos (GASKILL et al., 2001). Gaskill et al. (2001) propuseram estes métodos utilizando protocolo de corrida em esteira motorizada, no qual participaram 132 atletas, 31 ativos e 22 sedentários com o objetivo de avaliar a validade e confiabilidade do uso da troca gasosa aplicado e três métodos comuns de determinação do LV e ver se a combinação desses métodos melhora a precisão da avaliação o LV. Os resultados mostraram que o método combinado resultou em menos dados rejeitados do que qualquer método individual em qualquer uma das três populações. O combinado aceitou 90% dos indivíduos, comparado com cerca de 80% para os métodos V-slope e $ExCO_2$ e 73% para o método dos equivalentes ventilatórios. Com isso, eles concluíram que o método combinado também pode ser usado para determinação do limiar 1, inclusive afirmam que esse método pode diminuir o número de testes indeterminados, sendo confiável e válido (GASKILL et al., 2001).

Ainda assim, estudos recentes utilizam tanto o método do equivalente ventilatório, como o V-slope, quanto o combinado para identificar preferencialmente o limiar 1, e o limiar 2 em alguns casos (HAM et al., 2017; PALLARÉS et al., 2016; PELARIGO et al., 2017; SHIRAISHI et al., 2018).

3.3.3. Variabilidade da Frequência Cardíaca

A VFC pode ser definida como sendo a variação de tempo decorrido entre os batimentos cardíacos (intervalos R-R) em milissegundos mensurados em alguns minutos até 24 horas (TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING ELECTROPHYSIOLOGY, 1996). A VFC reflete o balanço do sistema nervoso autônomo na modulação da atividade cardíaca, por meio dos componentes simpático (SNS) e parassimpático (SNP). Sabe-se que os SNS e SNP agem em consonância, atuando de acordo com as necessidades internas ou externas ao corpo. Nesse contexto, o SNS age, com ações de luta ou fuga, liberando catecolaminas e estimulando o cronotropismo cardíaco. Por outro lado, o SNP age, liberando acetilcolina para reduzir a FC. A atividade cardíaca pode ser registrada pelo eletrocardiograma (ECG) nos intervalos R-R (do complexo QRS da onda elétrica cardíaca) (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2016). Essas oscilações de tempo podem ser quantificadas por meio de dispositivos como o eletrocardiograma. Nesse sentido, antes de entrar nos métodos específicos para identificação dos LVFC, é importante conhecer e compreender um pouco melhor a respeito das variáveis mais usadas na análise da VFC.

3.3.3.1. INTERPRETAÇÃO DAS VARIÁVEIS DA VFC

A variabilidade da FC pode ser avaliada por meio dos métodos lineares e não lineares. Mas apenas o método linear, que é o mais usual, foi abordado neste estudo. Ele pode ser baseado em relação a dois parâmetros: domínio do tempo e domínio da frequência (ACHARYA et al., 2006; MARÃES, 2010; TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING ELECTROPHYSIOLOGY, 1996; VANDERLEI et al., 2009).

3.3.3.1.1. Métodos Lineares

3.3.3.1.1.1. Domínio do tempo

É um dos métodos mais simples de se executar e se fundamenta em apresentar resultados de acordo com o tempo, medido em milissegundos (ms), no qual mede-se cada intervalo RR normal durante determinado intervalo de tempo. Subdivide-se em métodos estatísticos e geométricos. Em um registro contínuo de ECG, cada complexo QRS é detectado, e os chamados

de intervalos RR normais (NN) (que são intervalos entre os complexos QRS adjacentes) ou a frequência cardíaca podem ser determinados (TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING ELECTROPHYSIOLOGY, 1996). Assim, de acordo com cálculos matemáticos, incluem: intervalo médio NN, FC média, diferença entre os intervalos NN longos e curtos etc.

Alguns trabalhos mencionam um registro mínimo de 10 minutos, pois alegam ser uma medida que precisa de um registro mais longo para uso deste tipo de análise, apontando algumas limitações (LOPES et al., 2014), entretanto a utilização desses métodos em protocolos que permitem um esforço progressivo, mesmo que em intervalos curtos de tempo, tem sido utilizados (CANDIDO, 2015; KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008; LEPRÊTRE et al., 2013; NEUMAMM et al., 2012; SALES et al., 2011; SHIRAISHI et al., 2018; TULPPO et al., 1996).

- Medidas estatísticas no domínio do tempo

Este método poder ser dividido em duas categorias: (1) aquelas derivadas de medidas diretas dos intervalos NN ou FC instantânea, (2) as derivadas das diferenças entre os intervalos NN. Essas variáveis podem tanto ser calculadas com base no registro total do ECG, como também permite o uso de segmentos menores. A segunda categoria apresenta variáveis que permitem a comparação da variabilidade da FC durante atividades variadas do dia a dia. Em relação a primeira categoria, temos:

- a) SDNN - Desvio padrão dos intervalos RR normais em ms. Ou seja, a raiz quadrada da variância. Então, a variância pode aumentar de acordo com o tempo de registro analisado e por isso é preciso ter cuidado com a comparação dela em tempos de registros diferentes, e preferencialmente, precisam ter o tempo padronizado. Gravações tanto de curto prazo como a longo prazo podem ser usadas.
- b) SDANN - Desvio padrão das médias dos intervalos RR normais, geralmente 5 minutos, em ms;
- c) SDNNindex - É a média dos desvios padrões dos intervalos RR normais a cada 5 minutos calculados em 24 horas em ms;

Em relação a segunda categoria temos:

- d) rMSSD - É a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais sucessivos em ms;
- e) NN50 – é o número das diferenças entre os intervalos RR sucessivos maiores que 50ms.
- f) pNN50 –proporção derivada da divisão de NN50 pelo número total de intervalos RR normais em percentual.

Todas essas medidas da segunda categoria são altamente correlacionadas entre elas (TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING ELECTROPHYSIOLOGY, 1996; VANDERLEI et al., 2009).

- Medidas geométricas no domínio do tempo

O uso dos métodos estatísticos possuem de certa forma algumas limitações na análise da variabilidade, pois precisa de registros de boa qualidade para melhor identificação e interpretação dos intervalos RR normais, assim o uso de métodos geométricos converte os intervalos RR normais em formas e padrões gráficos geométricos, como a distribuição da densidade amostral dos intervalos, densidade da diferença entre esses intervalos NN, a plotagem de Lorenz dos intervalos RR normais (JR, 2000; TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING ELECTROPHYSIOLOGY, 1996). Existem três abordagens que são mais usadas nos métodos geométricos:

- 1) Medida básica do padrão geométrico que se converte em VFC, como a distribuição do histograma na posição especificada (TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING ELECTROPHYSIOLOGY, 1996).
- 2) Interpolação do padrão geométrico por uma configuração matemática definida, como por exemplo aproximando a distribuição do histograma na forma de um triângulo ou curva exponencial. Pode ser calculada plotando no eixo das abscissas todos os valores de dos intervalos RR (com frequência de amostragem de 128Hz, equivalente a uma diferença de 8ms entre os valores medidos) e o no eixo das ordenadas a frequência com que os intervalos ocorreram (ACHARYA et al., 2006; JR, 2000; VANDERLEI et al., 2009).

- 3) As formas geométricas são classificadas em categorias de padrões básicos, como formas elípticas, lineares e triangulares de plotagens de Lorenz. Essa plotagem de Lorenz ou plotagem de Poincaré é um mapa que mostra pontos no plano cartesiano, em que no eixo das abscissas são os intervalos RR normais precedentes e no eixo das ordenadas os intervalos RR seguintes (JR, 2000; TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING ELECTROPHYSIOLOGY, 1996; VANDERLEI et al., 2009).

Medidas geométricas mais usadas:

- g) Índice triangular VFC (HRV triangular index): é número de todos os intervalos RR dividido pela altura dos histogramas dos intervalos medidos em uma discreta escala de aproximadamente 8ms.
- h) TINN: é a largura da linha de base da distribuição medida, como uma base de um triângulo que se aproxima da distribuição do intervalo RR. É mais influenciado pelas baixas frequências.
- i) Differential index: Diferença entre as larguras do histograma das diferenças entre intervalos RR adjacentes medidos em alturas selecionadas
- j) Logarithmic index: aproximação do histograma de diferenças absolutas entre intervalos NN adjacentes, mas é uma medida pouco usada e mencionada por trabalhos.

Mas, dentre todas essas medidas, muitas delas se correlacionam com outras, as quatro medidas que mais são recomendadas para avaliação da VFC no domínio do tempo por pesquisas são: (1) SDNN (estimativa da VFC total), (2) índice triangular da VFC (estimativa da VFC total), (3) SDANN (estimativa de componentes de longo prazo da VFC) e (4) RMSSD (estimativa de componentes de curto prazo da VFC) (TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING ELECTROPHYSIOLOGY, 1996).

A plotagem de Poincaré pode ser classificada como um método não linear, entretanto há controvérsias (TULPPO et al., 1996, 1998), mas como é um índice usual ele foi tratado ao final deste tópico. Além disso, pesquisadores têm procurado enfatizar o uso da plotagem de Poincaré, pois pode ser feita de forma qualitativa, de acordo com a figura formada, mas também de forma quantitativa, com o qual é possível obter três índices ao observar os ajustes da figura (ACHARYA et al., 2006):

- 1) SD1: registro instantâneo da variabilidade batimento a batimento, no qual mostra a dispersão dos dados de forma perpendicular à linha de tendência ou de identidade.
- 2) SD2: registro de longa duração mostrado por meio da dispersão dos dados ao longo da linha de identidade.
- 3) SD1/SD2: representa as variações curtas e longas entre os intervalos RR (ACHARYA et al., 2006).

3.3.3.1.1.2. Domínio da frequência

Desde 1960 que métodos para análise de frequência são testados, pois alguns autores defendem a ideia que embora os métodos do domínio do tempo sejam computacionalmente mais simples, faltam variáveis capazes de demarcar com melhor precisão as contribuições simpáticas e parassimpáticas (ACHARYA et al., 2006). No domínio da frequência o objetivo é analisar a densidade espectral da potência (PSD) para mostrar como a energia ou variância se distribui em função da frequência (TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING ELECTROPHYSIOLOGY, 1996). Destacam-se quatro variáveis que representam os componentes oscilatórios deste domínio:

- a) HF: são bandas de alta frequência, e marcador do sistema parassimpático.
- b) LF: bandas de baixa frequência, marcador de ambos os sistemas, mas que tem um predomínio simpático.
- c) VLF: bandas de muito baixa frequência, onde ainda não é possível determinar sua caracterização fisiológica com precisão.
- d) LF/HF: Razão entre as bandas.

3.3.3.2. LIMIARES DE VARIABILIDADE DE FREQUÊNCIA CARDÍACA

Como a identificação dos limiares mesmo pela troca gasosa que possui boa praticidade, não é muito acessível a todos por precisar de ambientes de laboratório e demandar investimentos financeiros mais elevados, estudos propuseram o uso dos índices de VFC como uma possibilidade de identificação dos limiares metabólicos. Assim, as variáveis mais usadas são: RMSSD, SDNN, HF e LF e plotagem de Poincaré (SD1 e SD2).

Para identificar o limiar 1, pesquisas recentes, como do Dourado e Guerra (2013) que tinham como objetivo avaliar a confiabilidade e a validade do LVFC em adultos de meia idade e idosos para estimativa do limiar ventilatório (limiar 1), utilizaram a plotagem de Poincaré, determinada pelo primeiro estágio do exercício no qual a diferença entre dois estágios consecutivos (referentes a variável SD1) fosse menor que 1 ms e não mais se alterou significativamente. A amostra foi composta de 40 participantes, homens e mulheres, que realizaram teste de caminhada. Nesse estudo encontrou-se bons resultados, confirmando a validade do uso do LVFC para estimar limiar ventilatório, embora destaque uma limitação em relação a perda amostral elevada (22%).(DOURADO; GUERRA, 2013)

No estudo de Leprêtre et al. (2013) em pacientes com insuficiência cardíaca, optou por usar RMSSD e HF power (HFp) para identificar LVFC, determinado pelo primeiro ponto de quebra dessas variáveis. Foi composto de 18 participantes de ambos os sexos que realizaram o teste de esforço em um ciclo ergômetro. O principal resultado mostrou uma boa concordância entre o LV1 e os dois limiares cardíacos (ou seja, LVFC-RMSSD e LVFC-HFp) em valores de potência, $\dot{V}O_2$ e FC. Com isso, os autores concluem que a análise no domínio do tempo e da frequência poderia ajudar a determinar de forma mais precisa o primeiro limiar, mas aponta a necessidade de estudos em diferentes tipos de exercício e condições de saúde (LEPRÊTRE et al., 2013)

Para identificação do Limiar 2, alguns estudos têm apresentado resultados, como Buchheit et al. (2007) que objetivou investigar se a VFC é melhor que o ponto de deflexão da FC para identificar o limiar 2 (LA) em meninos. Foi um teste realizado em esteira com 72 meninos adolescentes. Para determinar o segundo limiar com a VFC, eles utilizaram os domínios da frequência, mais especificamente transformação do HF em uma forma calculada ($\ln f_{HFm}/HFp$), assim como outros autores que utilizaram a variável HF (DI MICHELE et al., 2012; MOUROT et al., 2014). O critério de identificação foi o aumento abrupto ao final do teste desta variável. Este estudo encontrou que tanto o ponto de deflexão da FC, como a VFC estão intimamente relacionadas, permitindo possibilitar o uso de ambas as ferramentas para estimar o Limiar 2 (BUCHHEIT; SOLANO; MILLET, 2007)

Em contrapartida, Mankowski et al. (2016) propôs a validação do LVFC2 em relação ao segundo limiar anaeróbio (LA2). Esta pesquisa foi composta de 11 adultos jovens, com certo grau de treinamento. Eles foram submetidos a 3 testes incrementais no ciclo-ergômetro. Eles optaram por utilizar a variável RMSSD, quantificada a cada 30 segundos calculando-se

RMSSD e dividindo-a pelo intervalo R-R médio no período correspondente de 30 segundos para calcular RMSSD normalizado (nRMSSD). Desta forma, foi identificada por inspeção visual definido como sendo o ponto de quebra que representa o início de um aumento substancial no nRMSSD após ter atingido valor mínimo. Os autores concluem que o método LVFC2 proposto pode servir como um método alternativo potencial para a detecção de LA2 sem ter que usar equipamentos espiroergométricos dispendiosos em ambientes comerciais de condicionamento físico (MANKOWSKI et al., 2016).

Por último, para identificação do limiar 2, o estudo do Nascimento et al. (2017) objetivou verificar se o método da VFC durante o teste de corrida exibiria correspondência com os limiares de lactato, tanto do 1 quanto o 2, além de testar a reprodutibilidade do método. Foram 19 participantes, corredores recreacionais homens ($30,4 \pm 4,1$ anos) que foram submetidos ao teste na esteira. E eles utilizaram as variáveis da plotagem de Poincaré, SD1 e SD2 para identificação, no qual os primeiros limiares da VFC (LVFC1) e segundo (LVFC2) foram identificados no primeiro ponto de quebra nas curvas SD1n (normalizados) e SD2n (normalizados), respectivamente. Assim, os autores afirmam ser uma variável não invasiva e possível de determinar o limiar de lactato, mostrando-se uma ferramenta prática na determinação dos limiares.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi observacional, transversal, descritiva e correlacional (THOMAS; NELSON; SILVERMAN, 2012). Os participantes deste estudo foram esclarecidos quanto aos objetivos, procedimentos experimentais, riscos e benefícios da pesquisa. Após concordância, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice B), que foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Espírito Santo nº 2.334.082 (ANEXO I).

4.1. AMOSTRA

Foram selecionados, por conveniência e de forma intencional, 34 participantes, estudantes universitários, do sexo masculino considerando o cálculo amostral de acordo com as modificações esperadas, sendo ($z\alpha = 1,96$ e $z\beta = 0,84$) com a utilização da fórmula ($N = [(Z_\alpha + Z_\beta)/C]^2 + 3 = 29$) para considerar o tamanho da amostra (HULLEY et al., 2007). Os

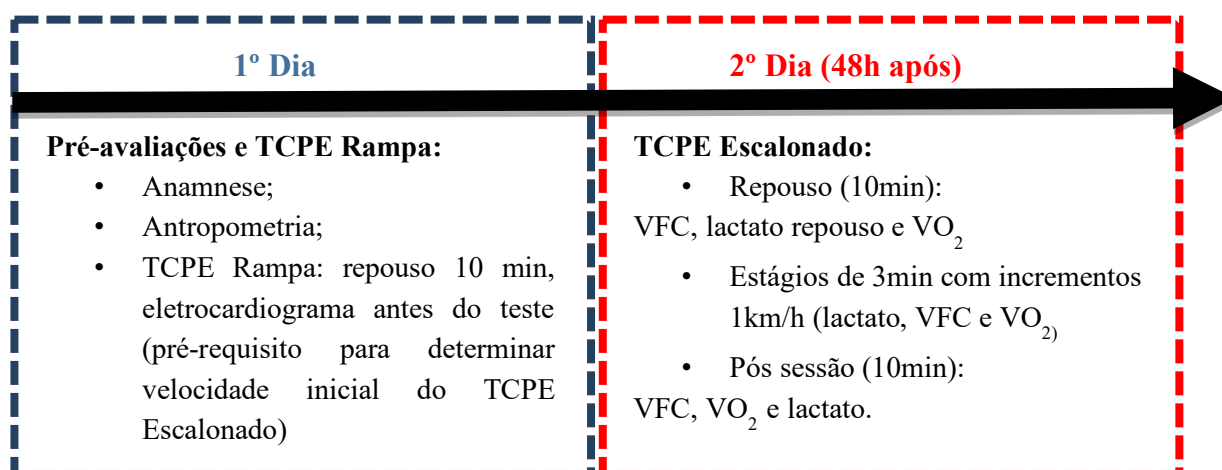
critérios de inclusão para participar da pesquisa foram: a) idade de 18 a 30 anos, b) apto a fazer atividade física, c). Critérios de exclusão: a) apresentar doença cardiovascular, metabólica, respiratória ou osteoligamentar, que limitassem a execução de esforço físico máximo; b) fazer uso de medicamentos que interferissem na resposta hemodinâmica e/ou álcool e tabaco, c) classificados com aptidão abaixo de razoável pela AHA)

4.2. PROCEDIMENTOS

Todos os pesquisadores e auxiliares de pesquisa envolvidos no projeto assinaram um termo de confidencialidade e sigilo em relação aos dados de cada participante. Todos os procedimentos (questionários, antropometria e testes de esforço) da coleta de dados foram realizados no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Centro de Educação Física e Desporto (LAFEX/CEFD/UFES). A coleta foi feita por profissionais de Educação Física e Medicina, previamente treinados para cada tarefa específica, e foi realizada por meio da aplicação de questionários e 2 testes laboratoriais.

Inicialmente foi aplicado um questionário auto preenchido para coletar os dados dos participantes (nome, idade, sexo, data de nascimento, raça, endereço, telefone e e-mail para contato e estado de saúde) (APÊNDICE A). Foram realizadas as medidas antropométricas e o Teste cardiopulmonar em exercício (ver tópico 4.2.3). Após coleta, foi identificado o limiar ventilatório para demarcar o ponto de partida para um segundo teste. Este procedimento foi realizado por pelo menos 2 avaliadores independentes (no caso de empate um terceiro foi solicitado) para a identificação do limiar ventilatório 1 (LV1) foi utilizada a técnica combinada do *V-Slope* e equivalente ventilatório. Após 48h, foi realizado um segundo teste (denominado de progressivo escalonado), que iniciou 4km/h antes do LV1 encontrado no TCPE, para coleta e identificação dos LL1 e LL2, LV1 e LV2 e os LVFC1 e LVFC2 (GASKILL et al., 2001).

Figura 2 - Linha do tempo de aplicação dos procedimentos



4.2.1. Cuidados e precauções antes dos testes

Todos os indivíduos que apresentaram interesse e estavam dentro dos critérios de inclusão para participação no estudo, foram alertados sobre cuidados que antecederam os protocolos experimentais. Assim, os sujeitos foram orientados a não realizar atividade física um dia antes e no dia do teste, a se alimentar com duas horas de antecedência aos testes de esforço, vir com roupas apropriadas para execução dos testes (tênis e roupas confortáveis) e não ingerir nenhum tipo de bebida energética (como café ou energéticos) no dia dos testes.

4.2.2. Antropometria

A massa corporal e a estatura foram mensuradas por meio de balança antropométrica digital com estadiômetro de precisão de um milímetro (Marte Científica, L200, São Paulo) e com capacidade máxima de 210kg e sensibilidade de 50 gramas. Foi calculado o Índice de Massa Corporal (IMC). As medidas antropométricas foram realizadas utilizando um plicômetro científico com sensibilidade 0,1mm e amplitude de leitura de 85mm (Mitutoyo/Cescorf, RS), incluindo 7 dobras cutâneas (tricipital, subescapular, peitoral, axilar média, suprailíaca, abdominal e coxa), além da utilização de uma trena antropométrica para medida de perímetria com 2 m de aço flexível com resolução em milímetros (Cescorf, RS). O percentual de gordura, a massa gorda e a massa magra foram calculados a partir do protocolo de Pollock 7 dobras (JACKSON; POLLOCK, 1985).

4.2.3. Teste cardiopulmonar de exercício – TCPE

No momento do TCPE, os indivíduos permaneceram por 5 minutos em decúbito dorsal sobre uma maca, onde foi realizado um eletrocardiograma de repouso de 12 derivações (Eletrocardiógrafo USB MICROMED, Brasília, Brasil). Os registros eletrocardiográficos foram realizados durante o pré-esforço, em pé na esteira e em esforço utilizando-se as derivações: MC5, derivação ânterolateral, bipolar, com eletrodo negativo na parte superior do esterno (manúbrio) e o positivo na posição V5; D2M, derivação inferior, bipolar, com eletrodo negativo na parte superior do esterno e o positivo na crista ilíaca superior esquerda; e V2M, derivação ânterosseptal, unipolar, com eletrodo precordial na posição V2.

O teste foi realizado em esteira rolante motorizada (Inbra Sport Super ATL, Porto Alegre, Brasil) com inclinação de 1% seguindo protocolo de rampa, objetivando uma duração total entre 8 e 12 minutos. A velocidade foi incrementada gradativamente até que o indivíduo atingisse a exaustão. O teste se iniciou a uma velocidade de 5 km.h⁻¹ com o incremento proporcional na velocidade de 1,0 km.h⁻¹ a cada minuto até a exaustão voluntária.

Foi realizada uma coleta de sangue (25 microlitros) no lóbulo da orelha antes do teste iniciar e ao término para realizar a dosagem da concentração de lactato sérica. As variáveis ventilatórias foram mensuradas utilizando o analisador metabólico de gases Cortex Metalyzer 3b (Leipzig, Alemanha), com coleta respiração a respiração, sendo analisados pelo programa Metasoft™. A unidade do Cortex foi calibrada pelo método de circuito fechado, através de gás de calibração de concentração conhecida (cilindro de 11,97%O₂ e 4,95%CO₂ original, atestado pelo fabricante), e também pelo ar ambiente, o que permitirá uma nova calibragem antes de cada novo teste. O sensor de volume foi calibrado utilizando uma seringa de calibração 3L (Hans Rudolph, Oklahoma, USA). Foram utilizadas máscaras coletoras de tamanhos variados (P, M ou G), de acordo com as dimensões faciais de cada sujeito. Após higienização, a máscara foi adaptada na face do sujeito de maneira a não permitir que haja escape de ar, verificado ao menos duas vezes antes de inserir a linha de ar. O teste foi acompanhado por um médico cardiologista e um profissional de Educação Física. Houve incentivo verbal para os participantes na fase final do TCPE objetivando atingirem o máximo de esforço. Para identificar o teste como máximo foram aceitos pelo menos três dos seguintes critérios:

- a) Exaustão voluntária relatada pelo avaliado durante o teste;
- b) Frequência cardíaca de pelo menos 90% da prevista para a idade (220-idade);

- c) Razão de troca respiratória (RTR) igual ou acima de 1,05;
- d) Consumo máximo de oxigênio, observado pelo conceito de platô ou pico;
- e) Ter atingido 8,0 mmol/L ou mais na concentração de lactato pico, depois de analisado, considerando o período de coleta de 3 a 5 minutos após o fim do TCPE (BENEKE; UTLER; AUSER, 2000; BILLAT et al., 2004; COTTIN et al., 2007).

Ao final do teste, o participante permaneceu por mais 10 min em recuperação passiva com a coleta de análise gasosa, e coleta de lactato. Durante o teste foi mensurada a pressão arterial (aparelho de coluna de mercúrio, marca Heidji), a fim de garantir a manutenção dentro das faixas aceitáveis durante o exercício ($PAS < 250$ mmHg e $PAD < 115$ mmHg), de acordo com as Diretrizes do ACSM para os Testes de Esforço e sua Prescrição (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2014).

A aplicação desse teste teve como finalidade familiarizar os participantes a um teste de esforço máximo, avaliar risco cardíaco e de auxiliar na identificação do limiar ventilatório, a fim de definir as cargas que seriam aplicadas no teste progressivo escalonado.

4.2.3.1. Coleta e Identificação dos Limiares Ventilatórios

O LV1 foi identificado considerando o tempo após dois minutos de teste, para evitar erros advindos pelo atraso nos ajustes cardiorrespiratórios do início do exercício (WASSERMAN et al., 2005). Foi utilizado como critério de identificação computadorizada (Metasoft™) do LV1 o aumento do $\dot{V}CO_2$ em relação ao $\dot{V}O_2$ (V-Slope). O método de identificação visual empregado foi o aumento do equivalente ventilatório de O_2 ($\dot{V}E/\dot{V}O_2$) sem elevação do equivalente ventilatório de CO_2 ($\dot{V}E/\dot{V}CO_2$). O comportamento de elevação da $PetO_2$ sem queda na $PetCO_2$ foi observado como forma de confirmar o marcador de transição metabólica através da troca gasosa. Contudo, isso não foi considerado como critério de identificação. O LV2 foi identificado considerando o momento do ponto mais baixo do $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ com posterior elevação, além do momento da queda gradual da $PetCO_2$ (BEAVER, WASSERMAN et al, 1986). O LV1 e LV2 foram determinados sempre pelos mesmos dois avaliadores e em caso de discordância um terceiro parecer foi solicitado. Para o LV1 a taxa de sucesso na identificação foi de 85%, ou seja, dos 34 participantes, em apenas 5 deles não possível identificar; enquanto que para o LV2 a taxa de sucesso foi de 100%, ou seja, não houve perdas amostrais.

4.2.4. Teste Progressivo Escalonado

Os participantes foram convidados para uma nova visita ao Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFEX) para realizarem o segundo teste, o teste progressivo escalonado. O protocolo utilizado foi de incremento contínuo de carga, sendo, 3min por estágio com incremento de 1km.h^{-1} a cada 3min. Antes do teste o participante permanecia em repouso, sendo 5min em decúbito dorsal para realizar a medida da VFC. A velocidade inicial do protocolo foi de 4km.h^{-1} abaixo do LV1 determinado pelo TCPE do primeiro dia (protocolo de rampa) e prosseguiu até o esforço máximo, não ultrapassando mais de 15 estágios no exercício.

4.2.4.1. Coleta e identificação do Limiar de Lactato

No período de repouso, antes da realização do teste foram coletados 25 microlitros (μl) de sangue arterializado do lóbulo da orelha, sem hiperemia, para a determinação do lactato sanguíneo. O sangue foi imediatamente transferido para o micro túbulos de polietileno com tampa, de 1,5ml, contendo 50 microlitros (μl) de fluoreto de sódio (1%), e acondicionado em ambiente refrigerado (4° a 6°C) para posterior análise. Durante o exercício também houve coleta de sangue (amostras de $25\mu\text{l}$) dos indivíduos (a cada 3 minutos) para realização das análises e identificação dos limiares de lactato.

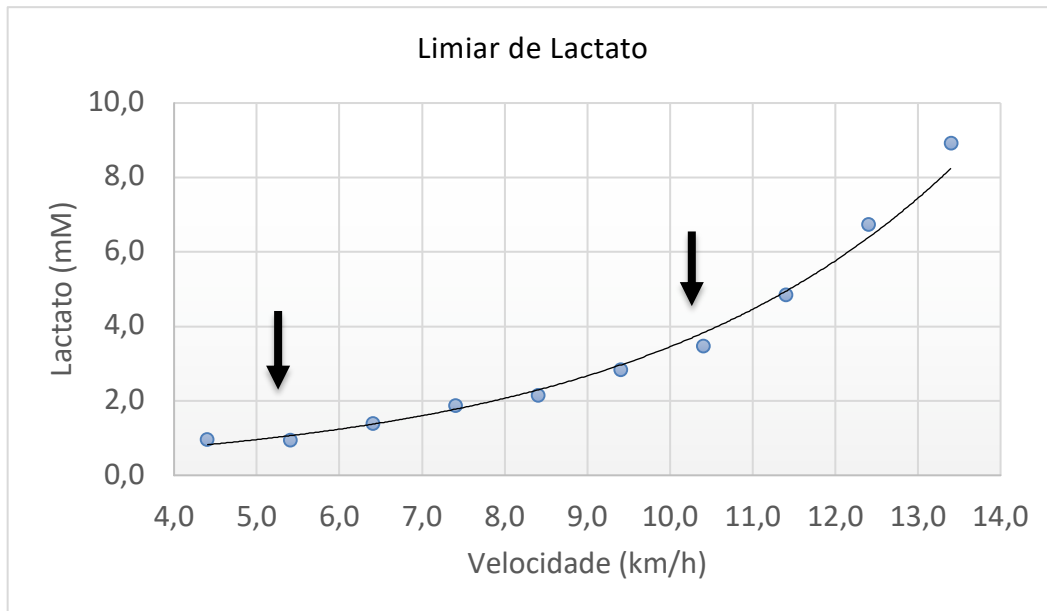
As amostras de sangue capilar no lóbulo da orelha foram coletadas no início (repouso em pé antes de iniciar o teste) e ao final de cada 3 min de estágio durante o teste 2 e também após o teste, na recuperação passiva, sendo coletado ao final do 1min, 3min, 5min, 7min e 10min. E posteriormente analisadas para os valores de lactato ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) coletados (GASKILL et al., 2001). Foi utilizado o equipamento de dosagem de lactato YSI 2300 STAT plus (Ohio, EUA).

Os limiares de lactato 1 e 2 foram identificados das seguintes maneiras:

- VISUAL:
 - **Limiar 1:** LL1 foi identificado através do menor valor, no qual houve início do acúmulo de lactato, caracterizando primeira quebra de linearidade (KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008).

- **Limiar 2:** O LL2 foi identificado pelo menor valor, demarcando o segundo ponto de quebra de linearidade e acúmulo exponencial do lactato (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; KINDERMANN; SIMON; KEUL, 1979b; PIRES et al., 2006; YOSHIDA et al., 1987).

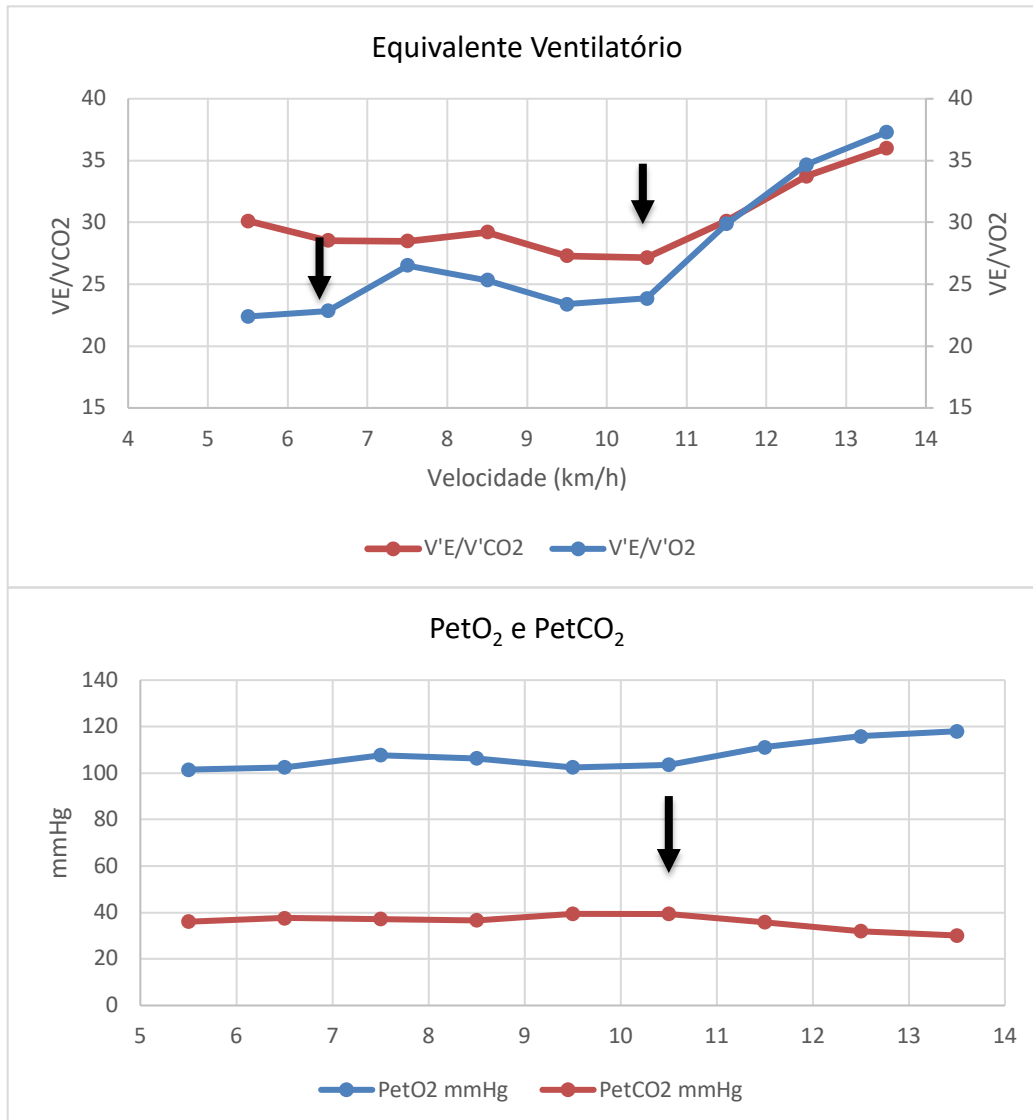
Figura 3- Exemplo de identificação dos limiares de lactato



4.2.4.2. Coleta e Identificação do Limiar Ventilatório

O método de identificação do limiar ventilatório no protocolo do teste escalonado foi o mesmo já descrito no item 4.2.3.1.

Figura 4- Exemplo de identificação dos limiares ventilatórios



4.2.4.3. Coleta e identificação dos Limiares de Variabilidade da FC (LVFC)

Foi utilizado um transmissor cardíaco da marca Polar (H7), conectado via *bluetooth* com um *smartphone* para coleta da variabilidade da frequência cardíaca, batimento a batimento (intervalos R-R). Cada estágio descrito no teste 2 foi registrado no aplicativo Elite HRV (Elite HRV, Asheville-NC) (PERROTTA et al., 2017) e editado no Programa Kubios HRV Standard 3.0 (TARVAINEN et al., 2014), foram 2 registros, um em repouso antes do teste iniciar e o outro durante e após o esforço.

Os intervalos R-R foram agrupados em sequências de três minutos para análise da VFC. A filtragem dos dados foi realizada no programa Kubios quando houve demonstrações de interferência nos dados não ultrapassando 5% (KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK,

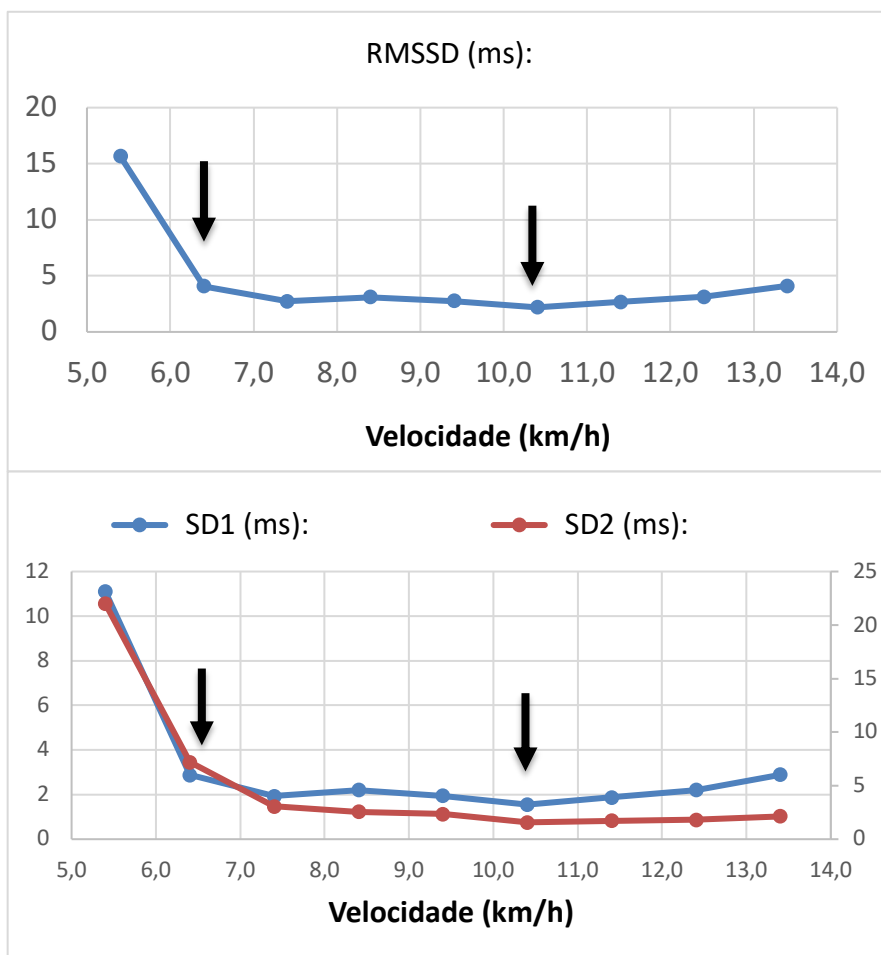
2008). Os primeiros 90 segundos de esforço físico de cada estágio foram excluídos da análise devido ao tempo de ajuste da FC e da VFC, no qual ocorre um brusco aumento da frequência cardíaca e redução transitória da VFC, atribuídos à súbita retirada vagal.

Os limiares de VFC 1 e 2 foram identificados da seguinte maneira:

➤ VISUAL:

- **Limiar 1:** LVFC1 foi identificado pelo primeiro ponto de quebra de linearidade para as variáveis RMSSD e SD1 (LEPRÊTRE et al., 2013; NASCIMENTO et al., 2017).
- **Limiar 2:** LVFC2 foi identificado pelo ponto de quebra de linearidade, no qual demarca início de aumento no RMSSD e SD1, após ter atingido um valor mínimo e confirmado pela quebra de linearidade da variável SD2 (CANDIDO, 2015; MANKOWSKI et al., 2016; NASCIMENTO et al., 2017).

Figura 5- Exemplo de identificação dos limiares de VFC



4.3. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

Os resultados foram apresentados em média $\pm$ desvio padrão (DP). Inicialmente as variáveis coletadas foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Para comparação dos valores máximos alcançados no teste de rampa e escalonado foi utilizado o teste t de student pareado. Para comparar os métodos de identificação dos limiares ventilatórios com o limiar de lactato e da variabilidade da FC foi utilizado *Manova* de medidas repetidas seguido de um *post-hoc* de *Sidak* para identificar quais pares de médias foram diferentes significativamente (no limiar 1 o n=29 e no limiar 2 n=34). Para verificar a associação entre os métodos, ou seja, validade, foi utilizada a correlação de Pearson (MUKAKA, 2012). Para verificar reprodutibilidade, variabilidade e precisão foram utilizados o coeficiente de variação (CV) e o erro típico (ET). O CV foi considerado alto quando foi $>20\%$, moderado entre 10% e 20% , e baixo quando $<10\%$ (PIMENTEL-GOMES APUD GARCIA, 1989) e o ET foi alto quando $>10\%$ (FORTES; FERREIRA, 2011). O gráfico de *Bland Altman* foi utilizado para identificar similaridades (validar) entre os diferentes métodos (uma Anova de uma via foi utilizada para comparar o viés entre os métodos), além da análise de reprodutibilidade e confiabilidade com o coeficiente de correlação intra-classe (ICC) para dimensionar a concordância. A escala de ICC utilizada foi: $< 0,5$ (pobre), $0,5-0,75$ (moderada), $0,75-0,90$ (boa), e $\geq 0,90$ (excelente) (BLAND; ALTMAN, 1986; KOO; LI, 2016; MIOT, 2016). O erro foi observado por meio do erro típico (ET) e coeficiente de variação (CV) (NEVILL; ATKINSON; NEVILL, 2016). As análises foram realizadas no software SPSS 20.0 e as figuras elaboradas pelo software *GraphPad Prism* 6. Foi adotado um alfa de 5% .

5 RESULTADOS

Características dos participantes

Os participantes apresentaram uma média de percentual de gordura dentro do recomendado pelas Diretrizes do ACSM, de acordo com a faixa etária, que classifica como “bom” até 14,8% de gordura corporal. Em relação ao índice de massa corporal (IMC) as médias foram consideradas dentro da normalidade (ACSM, 2014). A Tabela 1 apresenta a caracterização dos participantes e variáveis máximas alcançadas no teste escalonado.

Tabela 1 - Caracterização dos sujeitos

Características dos participantes	Média ± DP
Idade (anos)	22 ± 2
Massa (kg)	72,89 ± 8,84
Estatutura (cm)	176,2 ± 6,6
Gordura (%)	8,77 ± 3,69
IMC (m.kg ⁻²)	23,49 ± 2,66
RR _{rep} (ms)	935,7 ± 151,0
Teste Progressivo Escalonado	Média ± DP
Velocidade _{máx} (km.h ⁻¹)	13,9 ± 1,2
FC _{máx} medida (bpm)	194 ± 8
FC _{máx} predita (%)	97,75 ± 4,07
VE _{máx} (L.min ⁻¹)	125,42 ± 15,91
VO _{2máx} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	47,86 ± 4,96
VO _{2máx} (L.min ⁻¹)	3,47 ± 0,42
RER _{pico}	1,02 ± 0,08
[La] _{pico} pós teste (mM)	10,47 ± 2,01

Desvio padrão (DP), Índice de Massa Corporal (IMC), Intervalo R-R de repouso, Ventilação (VE), razão de troca respiratória (RER), Lactato ([La], frequência cardíaca (FC).

Comparação entre os métodos de identificação dos limiares

Na Tabela 2 são apresentadas comparações entre os métodos de identificação do Limiar 1 em relação ao Teste Progressivo Escalonado.

Quando comparado o método de identificação do LVFC1 com o e LL1, apenas as variáveis lactato, RER, o RR (ms e %) apresentaram diferença significativa, sendo o lactato e a RER maiores estatisticamente em relação ao LL1 ($p > 0,05$), em contrapartida, o RR (ms e %) foi menor no LVFC1 em relação ao LL1 (Tabela 2). Tratando-se do LVFC1 vs. LV1, o LVFC

apresentou valores maiores estaticamente nas variáveis VE, RER, VCO₂ e FC ($p < 0,05$) e menor para os intervalos RR ($p < 0,05$) quando comparado ao LV1 (Tabela 2). Para LL1 vs. LV1 não foram encontradas diferenças estatísticas entre o LL1 e o LV1 ($p > 0,05$) (Tabela 2).

Não foram encontradas diferenças estatísticas para todas as variáveis em relação a interação entre todos os métodos (LVFC2 vs. LL2, LVFC2 vs. LV2 e LL2 vs. LV2) ($p > 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 2 - Comparação entre as médias dos métodos de identificação dos limiares 1.

	LL1	LVFC1	LV1
	MÉDIA ± DP	MÉDIA ± DP	MÉDIA ± DP
Velocidade (km·h⁻¹)	7,15 ± 1,47	7,34 ± 0,98	6,78 ± 1,36
Velocidade (%)	50,63 ± 8,68	52,52 ± 5,01	49,26 ± 9,08
Lactato (mM)	1,57 ± 0,89 ^b	2,01 ± 0,82 ^a	1,58 ± 0,85
Glicose (mg·dL⁻¹)	67,80 ± 9,95	67,97 ± 11,24	70,18 ± 14,24
VE (L)	44,44 ± 15,51	47,96 ± 9,68 ^c	39,80 ± 12,57 ^b
VO₂(ml·kg⁻¹·min⁻¹)	25,02 ± 6,48	27,01 ± 5,22	23,75 ± 6,58
VO₂ (%)	51,62 ± 13,43	55,68 ± 8,43	50,28 ± 13,71
RER	0,84 ± 0,08 ^b	0,88 ± 0,07 ^{a,c}	0,82 ± 0,07 ^b
VCO₂ (L·min⁻¹)	1,56 ± 0,53	1,71 ± 0,34 ^c	1,43 ± 0,48 ^b
VO₂ (L·min⁻¹)	1,84 ± 0,55	1,95 ± 0,32	1,72 ± 0,48
RR (ms)	473,84 ± 85,88 ^b	439,24 ± 52,87 ^{a,c}	497,96 ± 92,99 ^b
RR (%)	52,04 ± 10,37 ^b	47,63 ± 7,16 ^{a,c}	53,30 ± 9,33 ^b
FC (bpm)	131 ± 23	139 ± 16 ^c	125 ± 25 ^b
FC (%)	66,20 ± 7,59	71,12 ± 11,14 ^c	64,53 ± 12,29 ^b

^a diferença significativa em relação ao LL1 ($p < 0,05$). ^b diferença significativa em relação ao LVFC1 ($p < 0,05$). ^c diferença significativa em relação ao LV1 ($p < 0,05$). Os dados foram comparados usando *Anova de medidas repetidas*. ventilação (VE), consumo de oxigênio relativo e absoluto (VO₂), troca respiratória (RER), consumo de gás carbônico (VCO₂), intervalo R-R (RR), frequência cardíaca (FC), variável da variabilidade da FC (RMSSD).

Tabela 3 - Comparação entre as médias dos métodos de identificação dos limiares 2

	LL2	LVFC2	LV2
	MÉDIA ± DP	MÉDIA ± DP	MÉDIA ± DP
Velocidade (km·h⁻¹)	10,66 ± 1,07	10,93 ± 1,15	10,61 ± 1,39
Velocidade (%)	76,59 ± 5,42	78,49 ± 6,23	76,07 ± 7,22
Lactato (mM)	3,96 ± 1,44	4,30 ± 1,36	3,95 ± 1,19

Glicose (mg·dL⁻¹)	67,47 ± 11,46	68,69 ± 11,82	68,37 ± 12,18
VE (L)	79,25 ± 13,57	80,18 ± 11,08	75,83 ± 12,86
VO₂ (ml·kg⁻¹·min⁻¹)	39,39 ± 3,60	39,98 ± 3,86	39,19 ± 5,16
VO₂ (%)	82,63 ± 6,32	83,85 ± 6,79	81,97 ± 7,55
RER	0,92 ± 0,07	0,92 ± 0,06	0,91 ± 0,06
VCO₂ (L·min⁻¹)	2,62 ± 0,39	2,66 ± 0,31	2,59 ± 0,39
VO₂ (L·min⁻¹)	2,86 ± 0,38	2,90 ± 0,31	2,84 ± 0,39
RR (ms)	347,16 ± 27,12	342,77 ± 21,55	348,02 ± 27,04
RR (%)	37,85 ± 5,49	37,46 ± 5,81	37,91 ± 5,28
FC (bpm)	174 ± 13	176 ± 11	173 ± 13
FC (%)	89,68 ± 4,14	90,72 ± 3,71	89,49 ± 4,83

^a diferença significativa em relação ao LL1 (p<0,05). ^b diferença significativa em relação ao LVFC1 (p<0,05). ^c diferença significativa em relação ao LV1 (p<0,05). Valores de média ± DP. Os dados foram comparados usando *Anova de medidas repetidas*. Ventilação (VE), consumo de oxigênio relativo e absoluto (VO₂), troca respiratória (RER), consumo de gás carbônico (VCO₂), intervalo R-R (RR), frequência cardíaca (FC), variável da variabilidade da FC (RMSSD).

Para o Limiar 1, apenas as variáveis glicose e RER ficaram abaixo de 10% na comparação dos três métodos entre si. Em contrapartida, no limiar 2, quase todas as variáveis tiveram um erro menor que aproximadamente 10%, com exceção do lactato (Tabela 4).

Tabela 4 -Erro Típico (ET) entre os métodos de identificação dos limiares 1 e 2

Variáveis	ET absoluto (%)					
	LL1 vs. LV1	LL1 vs. LVFC1	LV1 vs. LVFC1	LL2 vs. LV2	LL2 vs. LVFC2	LV2 vs. LVFC2
Velocidade (km·h⁻¹)	0,95 (13,76)	0,85 (11,94)	0,86 (12,30)	0,86 (8,06)	0,80 (7,37)	0,87 (8,04)
Lactato (mM)	0,50 (32,38)	0,67 (38,20)	0,74 (41,45)	0,90 (22,82)	0,88 (21,36)	0,83 (20,17)
Glicose (mg·dL⁻¹)	6,71 (9,96)	3,44 (5,14)	4,37 (6,34)	2,64 (3,88)	3,27 (4,80)	3,61 (5,27)
VE (L)	9,20 (22,38)	10,22 (22,44)	10,41 (24,07)	10,81 (13,94)	8,57 (10,75)	9,84 (12,61)
VO₂ (ml·kg⁻¹·min⁻¹)	4,46 (18,52)	4,21 (16,40)	4,63 (18,49)	2,58 (6,55)	2,39 (6,01)	2,40 (6,07)
RER	0,03 (3,90)	0,05 (5,50)	0,05 (6,44)	0,03 (2,78)	0,02 (2,35)	0,02 (2,73)
VCO₂ (L·min⁻¹)	0,33 (22,42)	0,35 (21,90)	0,37 (23,68)	0,24 (9,26)	0,21 (8,13)	0,23 (8,65)

VO₂ (L·min⁻¹)	0,34 (19,48)	0,33 (17,47)	0,34 (18,59)	0,19 (6,81)	0,17 (6,05)	0,18 (6,33)
RR (ms)	65,15 (13,28)	60,03 (13,35)	71,81 (15,28)	14,35 (4,13)	13,84 (4,01)	15,83 (4,58)
FC (bpm)	15,39 (12,16)	16,11 (12,15)	18,49 (14,08)	6,68 (3,85)	6,27 (3,59)	7,08 (4,06)

Limiar de lactato 1 (LL1), Limiar ventilatório 1 (LV1), Limiar de variabilidade da frequência cardíaca 1 (LVFC1), Limiar de lactato 2 (LL2), Limiar ventilatório 2 (LV2), Limiar de variabilidade da frequência cardíaca 2 (LVFC2), Ventilação (VE), consumo de oxigênio relativo e absoluto (VO₂), troca respiratória (RER), consumo de gás carbônico (VCO₂), intervalo R-R (RR), frequência cardíaca (FC), variável da variabilidade da FC (RMSSD).

O coeficiente de variação, na comparação entre os métodos, mostrou que no L1 a velocidade e a FC apresentaram CV moderado, e VO₂ foi classificado como alto (Tabela 5). No L2, para velocidade os valores foram <15%, classificada como moderada variação, o VO₂ e a FC apresentaram valores <10% e classificada como baixa variação (Tabela 5).

Tabela 5 - Coeficiente de variação (CV) entre os limiares para Velocidade, VO₂ e FC

Variáveis	CV (%)					
	LL1 vs. LV1	LL1 vs. LVFC1	LV1 vs. LVFC1	LL2 vs. LV2	LL2 vs. LVFC2	LV2 vs. LVFC2
Velocidade (km·h⁻¹)	19,31	16,82	16,27	11,56	10,28	11,14
VO₂ (ml·kg⁻¹·min⁻¹)	26,13	22,44	23,97	9,40	8,50	8,47
FC (bpm)	17,10	16,29	17,56	5,52	5,03	5,66

Limiar de lactato 1 (LL1), Limiar ventilatório 1 (LV1), Limiar de variabilidade da frequência cardíaca 1 (LVFC1), Limiar de lactato 2 (LL2), Limiar ventilatório 2 (LV2), Limiar de variabilidade da frequência cardíaca 2 (LVFC2), consumo de oxigênio relativo e absoluto (VO₂), frequência cardíaca (FC).

Correlação de Pearson e o coeficiente de correlação intra-classe (ICC) entres os métodos de identificação do limiar 1 e 2

A relação entre os métodos de identificação dos limiares (LL, LV, LVFC) é apresentada na Tabela 6. As análises permitem classificar que para o limiar 1 (LL1, LV1 e LVFC1), apenas foram encontradas correlações de Pearson de fraca a moderada, sendo todas significativas ($p < 0,05$), com exceção apenas da relação LVFC1 vs. LV1 para o lactato que além de ter sido negligenciável, não foi significativa. As correlações para o limiar 2 foram de moderadas a altas,

e todas foram significativas ($p < 0,05$). Os ICCs para o Limiar 1, as relações entre os métodos foram classificadas de pobres a moderadas, e boa alcançado apenas pelo método LL1 vs. LV1 utilizando o lactato, e todas foram consideradas significativas ($p < 0,05$) com exceção do LVFC1 vs. LV1 para o lactato ($p > 0,05$). Os ICCs para o limiar 2, as relações entre os métodos foram classificadas de moderadas a boas, sendo todas significativas ($p < 0,05$).

Tabela 6- Coeficiente de correlação intraclassa (ICC) e Correlação de Pearson (r)

	Velocidade		VO ₂		FC		Lactato	
	ICC	r	ICC	r	ICC	r	ICC	r
LVFC1 vs. LL1	0,671*	0,560**	0,616*	0,484**	0,559*	0,433*	0,61*	0,485**
LVFC1 vs. LV1	0,637*	0,543**	0,552*	0,443**	0,504*	0,427*	0,409	0,282
LL1 vs. LV1	0,693*	0,528**	0,684*	0,514**	0,748*	0,595**	0,803*	0,666**
LVFC2 vs. LL2	0,663*	0,503**	0,744*	0,594**	0,84*	0,739**	0,757*	0,621**
LVFC2 vs. LV2	0,709*	0,570**	0,84*	0,760**	0,783*	0,658**	0,739*	0,607**
LL2 vs. LV2	0,684*	0,530**	0,797*	0,699**	0,842*	0,721**	0,687*	0,525**

***.* A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). ***. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). Limiar de lactato 1 (LL1), Limiar ventilatório 1 (LV1), Limiar de variabilidade da frequência cardíaca 1 (LVFC1), Limiar de lactato 2 (LL2), Limiar ventilatório 2 (LV2), Limiar de variabilidade da frequência cardíaca 2 (LVFC2).

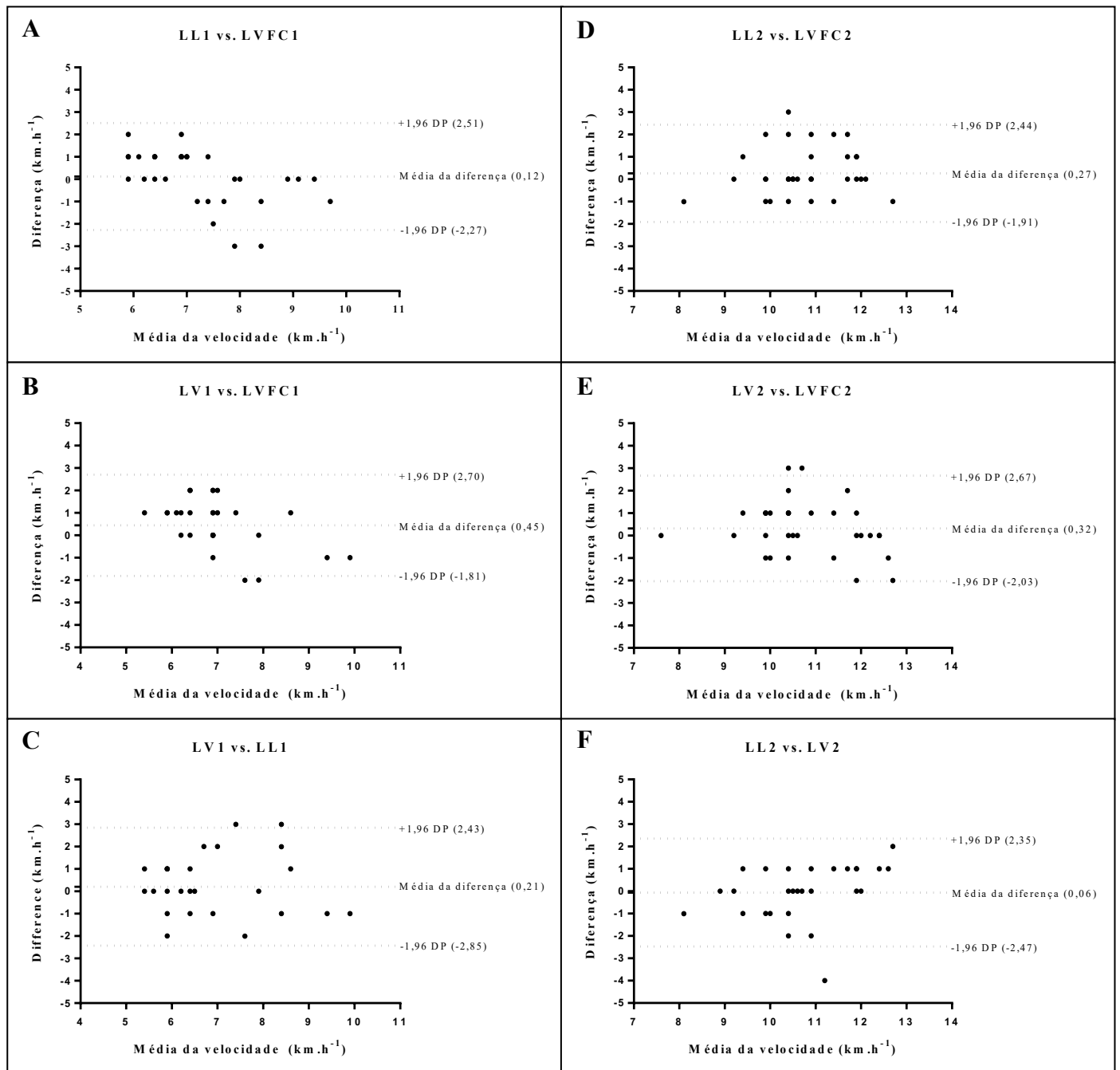
As figuras 1 a 3 representam, por meio da análise do Bland Altman, os limites de concordância entre os métodos LL, LV e LVFC para os Limiar 1 e 2 relacionado as variáveis velocidade, VO₂ e FC. A análise de Bland Altman revela que a média da diferença entre cada limiar, para a velocidade no Limiar 1 (0,12 km.h⁻¹ para LL1 e LVFC1, 0,45 km.h⁻¹ para LV1 e LVFC1 e 0,21 km.h⁻¹ para LL1 e LV1) não foi significativa ($P > 0,05$), assim como no limiar 2 (0,27 km.h⁻¹ para LL2 e LVFC2; 0,32 km.h⁻¹ para LV2 e LVFC2; 0,06 km.h⁻¹ para LL2 e LV2), os limites de concordância entre os métodos para ambos os limiares também apresentaram valores aceitáveis (Figura 1). Esses achados esclarecem que não há viés entre os valores médios, no qual apresentaram boa concordância entre os métodos LL, LV e LVFC dos limiares 1 e 2 para velocidade.

Já a figura 2 representa a análise do Bland Altman utilizando o VO₂ ml.kg⁻¹.min⁻¹, no limiar 1 (A, B, C), (1,52 ml.kg⁻¹.min⁻¹ para LL1 e LVFC1, 2,62 ml.kg⁻¹.min⁻¹ para LV1 e LVFC1 e 0,64 ml.kg⁻¹.min⁻¹ para LL1 e LV1) não foi significativa ($p > 0,05$), entretanto os limites de concordância entre esses métodos revelam uma ampla dispersão. Em contrapartida, o limiar 2

(D, E, F) da Figura 2, além da média da diferença não ter sido diferente significativamente ($0,60 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ para LL2 e LVFC2; $0,79 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ para LV2 e LVFC2 e $0,20 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ para LL2 e LV2) ($p>0,05$), os limites de concordância mostram valores aceitáveis de VO_2 . Esses resultados esclarecem que o limiar 2 apresentou boa concordância entre os métodos (Figura 2).

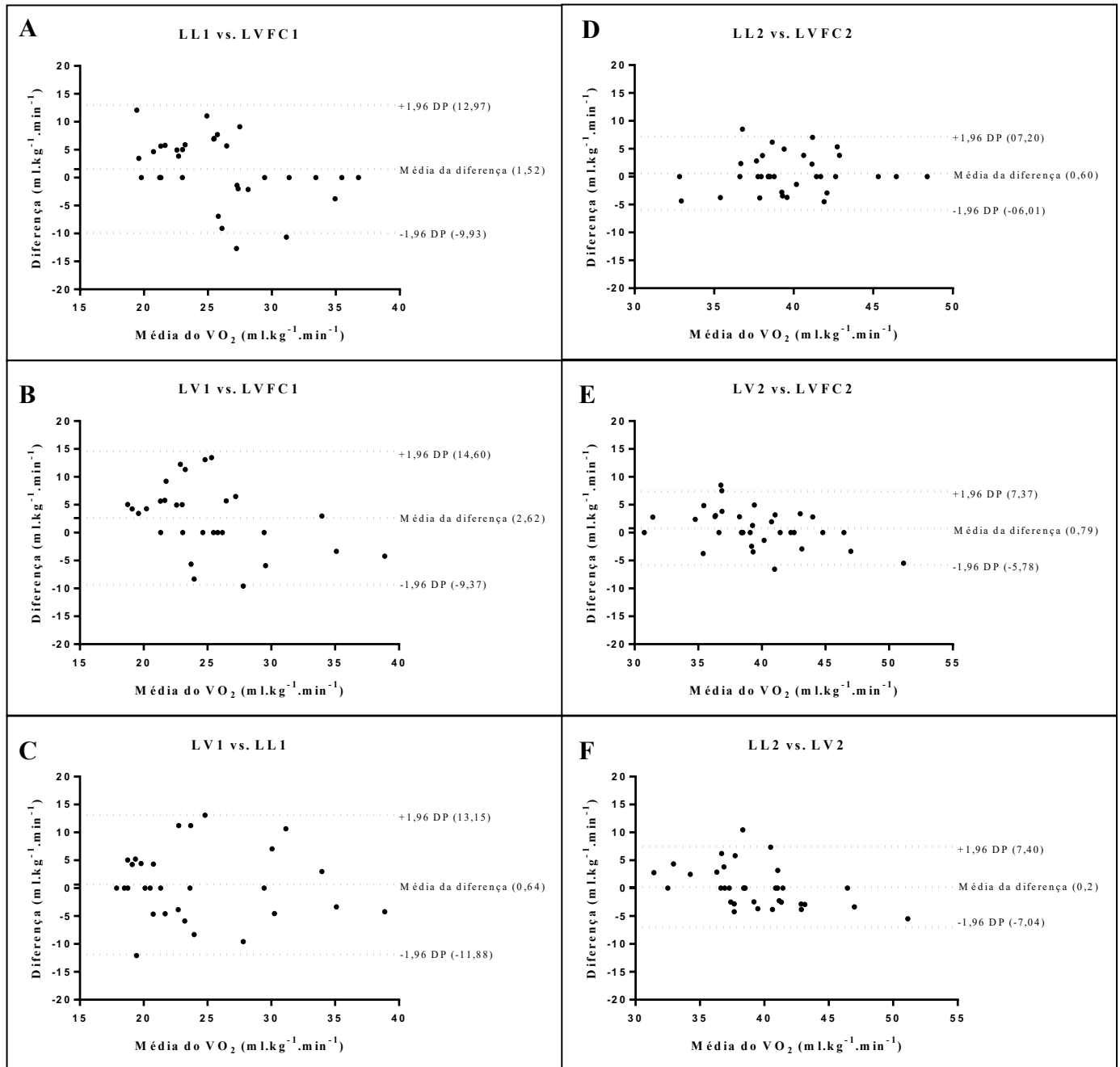
Ao analisar a FC por meio da plotagem do Bland Altman, no limiar 1 (Figura 3 -A, B, C), ($7,26 \text{ bpm}$ para LL1 e LVFC1, $12,76 \text{ bpm}$ para LV1 e LVFC1 e $3,40 \text{ bpm}$ para LL1 e LV1) não foi significativa ($p>0,05$), entretanto os limites de concordância entre esses métodos revela uma ampla dispersão. Em contrapartida, o limiar 2 (D, E, F) da Figura 2, além da média da diferença ter sido menor, não foram diferentes significativamente ($1,89 \text{ bpm}$ para LL2 e LVFC2; $2,34 \text{ bpm}$ para LV2 e LVFC2 e $0,45 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ para LL2 e LV2) ($p>0,05$), os limites de concordância, embora ainda amplos, apresentam valores mais aceitáveis de FC. Esses resultados esclarecem que o limiar 2 apresentou boa concordância entre os métodos (Figura 2).

Figura 6- Análise de Bland Altman para velocidade no Limiar 1 e 2



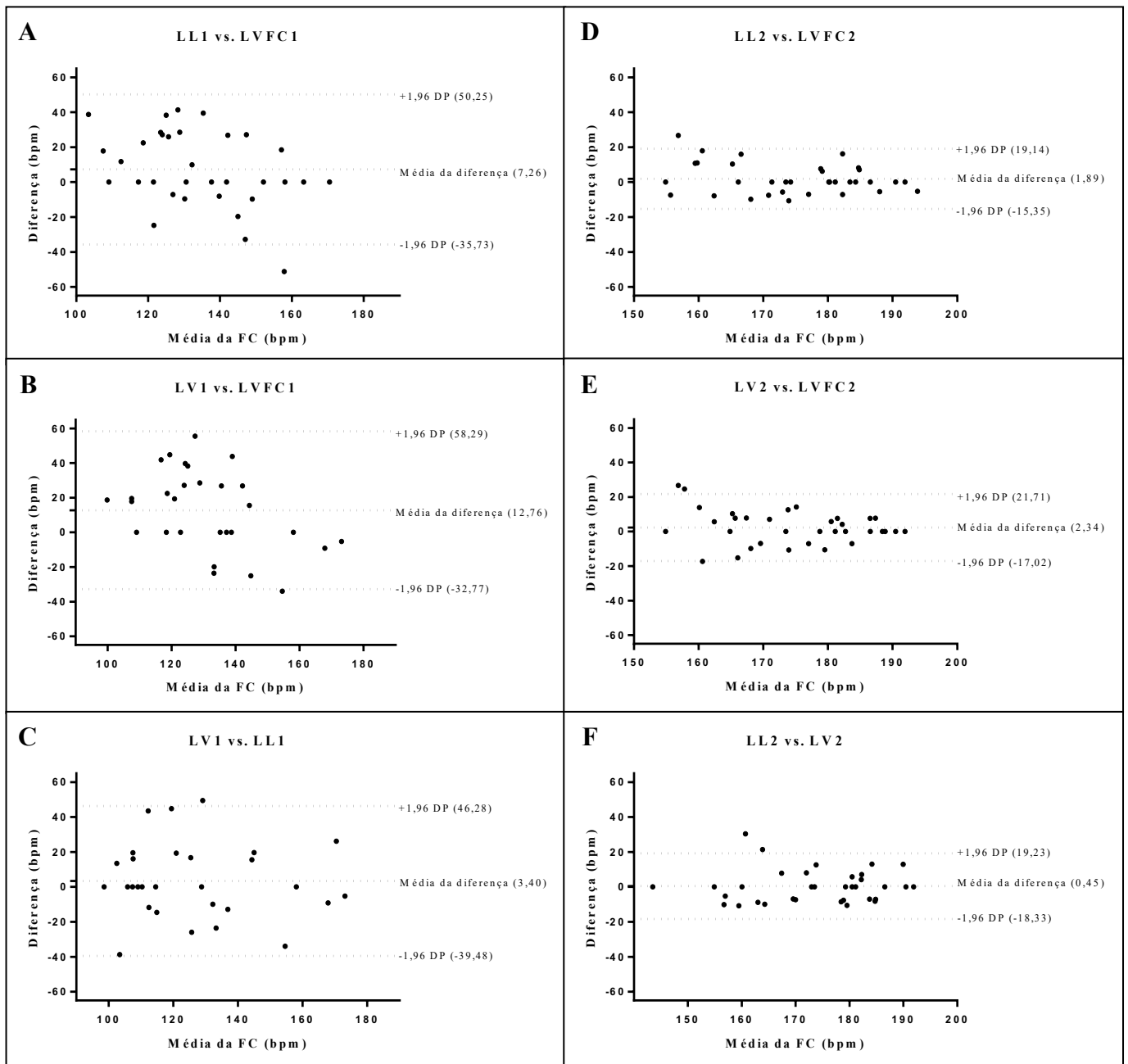
Viés do Bland Altman (linha central tracejada) e os limites de concordância de 95% (linhas tracejadas da extremidade) entre os métodos de identificação dos limiares. Limiar de lactato 1 (LL1), Limiar ventilatório 1 (LV1), Limiar de variabilidade da frequência cardíaca 1 (LVFC1), Limiar de lactato 2 (LL2), Limiar ventilatório 2 (LV2), Limiar de variabilidade da frequência cardíaca 2 (LVFC2). DP (desvio padrão), FC (frequência cardíaca).

Figura 7- Análise de Bland Altman para o VO_2 no Limiar 1 e 2



Viés do Bland Altman (linha central tracejada) e os limites de concordância de 95% (linhas tracejadas da extremidade) entre os métodos de identificação dos limiares. Limiar de lactato 1 (LL1), Limiar ventilatório 1 (LV1), Limiar de variabilidade da frequência cardíaca 1 (LVFC1), Limiar de lactato 2 (LL2), Limiar ventilatório 2 (LV2), Limiar de variabilidade da frequência cardíaca 2 (LVFC2). DP (desvio padrão), FC (frequência cardíaca).

Figura 8- Análise de Bland Altman para FC no Limiar 1 e 2



Viés do Bland Altman (linha central tracejada) e os limites de concordância de 95% (linhas tracejadas da extremidade) entre os métodos de identificação dos limiares. Limiar de lactato 1 (LL1), Limiar ventilatório 1 (LV1), Limiar de variabilidade da frequência cardíaca 1 (LVFC1), Limiar de lactato 2 (LL2), Limiar ventilatório 2 (LV2), Limiar de variabilidade da frequência cardíaca 2 (LVFC2). DP (desvio padrão), FC (frequência cardíaca).

6 DISCUSSÃO

O objetivo principal do presente estudo foi avaliar a concordância entre os métodos de identificação dos limiares metabólicos por meio da análise gasosa, do lactato e da variabilidade da frequência cardíaca.

Nesse contexto, essa pesquisa demonstrou que o LV e o LL, já consolidados na literatura (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; GASKILL et al., 2001; PIRES et al., 2006; WASSERMAN et al., 1994b; YOSHIDA et al., 1987), apresentaram boa concordância com moderada a forte correlação e boa confiabilidade tanto para o limiar 1 quanto para o limiar 2, e portanto, podem ser usados de maneira independente.

Os principais achados demonstraram boa concordância e confiabilidade entre o LVFC2 e os LL2 e LV2 para as variáveis velocidade, VO_2 e FC. Por outro lado, no LVFC1, os resultados mostraram boa concordância entre os limiares, apenas para o VO_2 e velocidade. O que demonstra que a VFC representa uma grande ferramenta, de baixo custo, fácil interpretação e com boa aplicação prática em ambientes dentro e fora de laboratórios, como em academias.

Inicialmente, muitas pesquisas utilizaram a VFC para identificar o limiar 1 (CANDIDO, 2015; COTTIN et al., 2007; GRANNELL; DE VITO, 2017; KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008; LEPRÊTRE et al., 2013; MENDIA-IZTUETA et al., 2016; NASCIMENTO et al., 2017; RAMOS-CAMPO et al., 2017; SALES et al., 2011; SHIRAISHI et al., 2018) e encontraram resultados aceitáveis. Alguns estudos utilizaram a VFC para identificar o limiar 2, e concluíram que o LVFC2 pode ser utilizado como uma ferramenta (de avaliação/prescrição de exercício) auxiliar na identificação do limiar 2, e outros estudos indicaram que pode ser usada como substituta aos métodos tradicionais (COTTIN et al., 2007; DI MICHELE et al., 2012; MANKOWSKI et al., 2016; MENDIA-IZTUETA et al., 2016; NASCIMENTO et al., 2017; RAMOS-CAMPO et al., 2017). Entretanto, estes estudos apresentam diferentes formas de identificação dos limiares de VFC, dificultando para o leitor compreender qual o melhor método para se usar, não havendo um consenso.

Uma das pesquisas que apontaram resultados aceitáveis no uso da VFC para identificar o limiar 1, avaliou homens e mulheres em cicloergômetro durante um teste progressivo com estágio de 3 minutos, e observou que alterações na VFC durante o exercício progressivo produzem um limiar semelhante ao LL1 e LV1 (KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008). Os autores encontraram correlações altas entre os três métodos ($r=0,89$ para LV1 vs. LL1; $r=0,82$ para

LVFC1 vs. LL1; $r=0,89$ para LVFC1 vs. LV), o que difere do presente estudo que encontrou fracas a moderadas correlações no limiar 1 para o VO_2 (KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008). No entanto, no presente estudo, no que se referem às análises de Bland Altman, foram superiores, com médias das diferenças menores (para LVFC1 vs. LL1 e LVFC1 vs. LV1) e limites de concordância semelhantes, quando comparado a pesquisa apresentada. Todavia, além dessas análises, o presente estudo utilizou outros tratamentos estatísticos para aumentar o rigor (CV, ET e ICC), permitindo assim inferir que, embora a análise de Bland Altman tenha sido aparentemente concordante para o VO_2 , o ET foi $>10\%$ e o CV $>20\%$ para os métodos no VO_2 , além de apresentar o ICC de moderado a boa, que é mais importante para concordância do que análise de correlação, pois leva em consideração o erro da medida (KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008).

Adicionalmente, Leprêtre et al. (2013), utilizando protocolo também em cicloergômetro, por meio de análises de Pearson e Bland Altman, apresentaram valores de média da diferença para a variável RMSSD de: LV1 vs. LVFC1 no VO_2 ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$) $-2,9\%$ ($-8,0\%$ até $1,0\%$), LV1 vs. LVFC1 no FC $-1,2\%$ ($-4,8\%$ até $0,8\%$). Ao compará-los com os nossos achados, mesmo que em percentual, obtiveram valores menores de média em relação ao presente estudo (referenciando apenas o limiar 1), e com correlações muito altas, embora pudesse ter feito outras análises inferenciais para solidificar estes dados, como já mencionado acima. Por mais que os estudos apresentados concluam que a VFC possa ser usada como substituta não invasiva do LL1, nossa pesquisa, que obteve resultados semelhantes de Bland Altman, não torna essa afirmação possível, mas permite afirmar ser uma ferramenta que pode ser usada para auxiliar na identificação do limiar 1 (KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008; LEPRÊTRE et al., 2013).

Sales et al. (2011) compararam o LVFC1 com LV1 e LL1 (cicloergômetro), e encontraram boa concordâncias para o VO_2 , pois apresentou viés baixo e limites de concordância estreitos, porém foi utilizado o índice Kappa que embora tenha evidenciado de boa a excelente concordância ($K=0,62$ a $K=0,92$), é uma análise utilizada para variáveis categóricas. No atual estudo foi utilizado o ICC, que se trata de uma análise mais adequada para variáveis contínuas como o VO_2 , porém os resultados foram moderados significativos ($ICC_{LL1vsLVFC1}=0,616$; $ICC_{LV1vsLVFC1}=0,552$; $ICC_{LL1vsLV1}=0,684$), e o Bland Altman apresentou valores de viés e limites de concordância mais amplos, causando uma dificuldade em apontar boa concordância de fato.

Nesse contexto, alguns estudos, semelhantes aos nossos, resolveram comparar não só os limiares 1, mas também os limiares 2. Ramos-Campo et al. (2017), comparou apenas os limiares ventilatórios 1 e 2 com o LVFC, em esteira ergométrica, e encontrou bons resultados para o LVFC2 como substituto do LV2, o que confirmam nossos achados. Entretanto, no limiar 1, os autores encontraram boa concordância apenas no VO_2 e na FC, mas a velocidade não foi considerada um bom critério para identificar limiar 1 pela VFC, sendo esta uma das variáveis mais importantes para a prescrição da intensidade do exercício. Esse achado difere dos nossos, porque no presente estudo FC não apresentou boa concordância, em contraste com a velocidade, que revelou média da diferença menor ($0,45 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) que o encontrado por Ramos-Campo et al. (2017) ($0,86 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Com isso, mesmo considerando que os autores tenham estudado atletas, foi possível perceber que o uso da VFC para o limiar 1 ficou comprometido, assim como neste estudo. Essa diferença entre nossos estudos, na variável velocidade, pode ser por conta do protocolo utilizado (incremento por minuto vs. incremento a cada 3 min) e pela dificuldade do presente estudo em identificar o LV1, como apontado por SHIRAISHI et al. (2018) e também notado na presente pesquisa, na qual a taxa de sucesso na identificação do LV1 foi de 85,3%, tendo uma perda de 14,7%. Isso também pôde ser observado por outros autores (KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008) que embora tenham encontrado bons resultados, obtiveram uma perda de 9% dos pacientes em que não foi possível determinar o LV1. Isto pode ter ocorrido pelo fato de que eles afirmam que para uma boa detecção do LV1 o protocolo de estágios de 1 min é mais recomendado, o que difere do protocolo utilizado no presente estudo, no qual foram utilizados estágios de 3 min (KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008).

Adicionalmente, é importante ressaltar que, em protocolos progressivos máximos no cicloergômetro, muitos estudos vêm demonstrando uma relação entre a retirada vagal e o limiar 1, (na transição da intensidade leve para moderado), podendo ser determinada pela VFC, concentrações de lactato no sangue, e pela troca gasosa (KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008; LEPRÊTRE et al., 2013; SALES et al., 2011; TULPPO; MAKIKALLIO, 1996). Entretanto, diferenças motoras provindas da especificidade do exercício incutidas nos diferentes protocolos são fatores importantes para a determinação dos limiares e precisam ser levadas em consideração. A intensidade, a duração, o tipo de ergômetro e o ambiente em que foi submetido ao esforço (MONTEIRO; ARAÚJO, 2001) também são fatores que podem interferir nas variáveis que foram coletadas e analisadas no teste (NASCIMENTO, 2010). Logo, protocolos realizados em esteira podem apresentar um comportamento diferenciado quando

comparado ao cicloergômetro, mas preferencialmente no limiar 1, no qual estudos apontam coincidir com o momento de transição caminhada para corrida entre $6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (LIMA-SILVA, 2005; MONTEIRO; ARAÚJO, 2001), o que corrobora com nossos estudos que encontraram médias de $7,15 \pm 1,47 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ no LL1; $7,34 \pm 0,98 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ no LVFC1 e $6,78 \pm 1,36 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ no LV1. Essa transição caminha-corrida pode influenciar na modificação de variáveis fisiológicas importantes, como a FC, a VE, o VO_2 , podendo causar interferências no controle autonômico, nas respostas da VFC, e até na troca gasosa, vindo a ser um fator de confusão na identificação do primeiro limiar (MONTEIRO; ARAÚJO, 2001).

Nesse sentido, por mais que alguns desses autores tenham encontrado boas concordâncias na identificação do limiar 1 pelo LVF1, algumas evidências revelam que a determinação do limiar 1 é menos confiável e menos reprodutível que o limiar 2 (MANKOWSKI et al., 2016; WESTON; GABBETT, 2001).

Por isso, Cottin et al. (2007) e Di Michele et al. (2012) abordaram em suas pesquisas os segundos limiares metabólicos e procuraram associar com o LV2 com o LVFC2, e o LL2 com o LVFC2 respectivamente. Estes estudos, embora tenham utilizados protocolos diferentes, sendo o primeiro na pista e o segundo em um teste prático de natação, ambos utilizaram o domínio da frequência para determinar os limiares. Entretanto Cottin et al. (2007) e Di Michele et al. (2012) utilizaram apenas Bland Altman para verificar concordância, estes encontram valores estreitos e praticamente homogêneos de FC na comparação do LL2 com LVFC2, o que difere dos nossos achados, no qual, embora tenha tido melhores resultados de média da diferença FC no limiar 2, os limites de concordância foram amplos se comparado ao estudo citado. No entanto, vale ressaltar que o nº de participantes no presente estudo foi o dobro do utilizado por eles, o que pode interferir nessa amplitude do desvio, mas isso não significa que os achados foram inferiores, pelo contrário, só reforça o bom resultado visto na média (DI MICHELE et al., 2012). Cottin et al. (2007) também encontrou boas concordâncias ao comparar LV2 com LVFC2 em protocolo progressivo sem interrupção na pista, corroborando com o presente estudo.

Todavia, o uso das variáveis no domínio da frequência exige que os indivíduos, no qual a manipulam, estejam previamente capacitados, pois possui certa complexidade na limpeza, análise e interpretação dos dados, o que dificultaria o uso por profissionais da saúde de forma generalizada (TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING ELECTROPHYSIOLOGY, 1996).

Por conta disso, Mankowski et al. (2016) comparou o LVFC2 com o LV2, utilizando o domínio do tempo, que apresentam variáveis de simples análise e interpretação (MANKOWSKI et al., 2016). Estes autores afirmam que houve uma concordância aceitável entre os métodos de identificação do LV2 e LVFC2, ressalta que as medidas de VFC no domínio do tempo para determinação do LV2 não foram validadas, portanto sugere o refinamento das análises de variabilidade nas novas pesquisas. Nesse sentido, o presente estudo utilizou a combinação do domínio do tempo com o Plot de Poincaré para identificar o LVFC2 (NASCIMENTO et al., 2017), além de ter sido realizado em comparação ao lactato, que é a variável padrão ouro para identificação dos limiares e junto da troca gasosa, apresentando reforço, refinamento, confiabilidade e concordância do uso da VFC para identificar o limiar 2 e auxiliar na prescrição de exercícios desde de pacientes a atletas.

Fisiologicamente, o segundo limiar pode possuir melhor precisão na prescrição da intensidade neste tipo de protocolo, visto que em intensidades elevadas, próximo a esse limiar há um aumento exacerbado da frequência respiratória, provocado pela elevação da PCO_2 no sangue, que influencia o controle cardiorrespiratório intercedidas pela arritmia sinusal respiratória (RSA)¹. A RSA representa as mudanças cíclicas da FC que estão intimamente relacionadas ao padrão respiratório, levando a um aumento da banda de alta frequência. Isso significa que a hiperventilação influencia no disparo do nódulo sinusal por meio de estímulos mecânicos. Consequentemente, resultando em alterações perceptíveis nas variáveis fisiológicas em questão, sistemas respiratório, muscular e do sistema nervoso central (COTTIN et al., 2007), permitindo assim, o uso de marcadores diferentes (VFC, lactato e troca gasosa) para mensurar o segundo limiar metabólico de maneira independente (NASCIMENTO, 2010).

Por conseguinte, uma das limitações deste estudo foi o uso do protocolo de esforço em esteira com estágios de 3 minutos para identificar LV1, sendo que alguns autores recomendam o protocolo com estágios de 1 minuto sem interrupção para melhor identificação do LV1 (KARAPETIAN; ENGELS; GRETEBECK, 2008), e que, na maioria das pesquisas que envolvem lactato, são realizada em ciclo ergômetro pela facilidade de executar o teste e mensuração (SHIRAISHI et al., 2018). Entretanto, para análise do lactato e da variabilidade da FC em esteira é necessário um protocolo de estágios mais duradouros com pausas e estabilidade para com isso adquirir dados estáveis, limpos e precisos. Apesar disso, a vantagem é que a

¹ É a interação entre a ventilação pulmonar e a frequência cardíaca por meio de mecanismos do sistema parassimpático (MENEZES et al., 2009).

esteira ergométrica permite uma maior aproximação na prescrição para atividades de deslocamento corporal, como caminhada, corrida e outros esportes.

Outra limitação deste estudo foi o fato de que a máxima fase estável de lactato (MFEL), considerado método padrão ouro para identificação das zonas de treinamento e prescrição do exercício, não foi utilizada para comparar com os demais métodos pois demanda de 3 a 5 dias para sua determinação, o que dificulta sua aplicação (SALES et al., 2011). Entretanto, alguns pesquisadores sugerem que a identificação do limiar de lactato 2 (LL2) por parâmetros (matemáticos, visuais, valores fixos) correspondem a MFEL, principalmente por terem sido altamente correlacionados e não terem apresentado diferenças (DENADAI et al., 2004; HECK et al., 1985; SALES et al., 2011; SCHUYLENBERGH; EYNDE; HESPEL, 2004). Porém, sugere-se que os métodos adotados no presente estudo para identificar os LV2, LL2 e LVFC2 se aproximam da intensidade da MFEL (DENADAI et al., 2004; HECK et al., 1985; SALES et al., 2011). Nesse sentido, o uso do método visual permitiu uma padronização das metodologias empregadas para a identificação do LL2, LV2 e LVFC2 diminuindo o viés, além de ser uma técnica individualizada, utilizada por pesquisadores há décadas (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009; KINDERMANN; SIMON; KEUL, 1979b; PIRES et al., 2006; YOSHIDA et al., 1987).

Apesar dessas limitações, os resultados deste estudo podem colaborar não apenas para pesquisadores das ciências do exercício, mas também fisioterapeutas, profissionais de educação física e médicos. A praticidade do instrumento utilizado no presente estudo (transmissor H7 via *smartphone*) permite prescrever as intensidades dos exercícios a partir de uma ferramenta simples e de baixo custo com grande validade externa.

7 CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados e discutidos, pode-se concluir que:

- O limiar de lactato e o limiar ventilatório apresentam boa concordância, pequena variabilidade, podendo ser confirmado como métodos intercambiáveis na identificação dos limiares 1 e 2.
- O limiar 1, determinado pela VFC, pode ser usado como uma ferramenta auxiliar na identificação desse primeiro marcador de intensidade (situado entre as zonas leve e moderado).
- O limiar 2, determinado pela VFC no domínio do tempo e por análises geométricas, apresenta boa concordância, baixa variabilidade e boa confiabilidade, portanto, é um método visual com validade concorrente, não invasivo, para ser utilizado de maneira intercambiável dos LL2 e LV2.

8 REFERÊNCIAS

- ACHARYA, U. R. et al. Heart rate variability: A review. **Medical and Biological Engineering and Computing**, Berlin, v. 44, n. 12, p. 1031–1051, 2006.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan LTDA, 2014.
- AZEVEDO, P. H. S. M. et al. Limiar Anaeróbio e Bioenergética: uma abordagem didática e integrada. **Revista da Educação Física/UEM**, Maringá, v. 20, n. 3, p. 453–464, 2009.
- BASSETT, D. R.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, v. 32, n. 1, p. 70–84, 2000.
- BEAVER, W. L.; WASSERMAN, K.; WHIPP, B. J. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. **The American Physiological Society**, Rockville, v. 60, p. 2020–2027, 1986.
- BENEKE, R.; UTLER, M. H.; AUSER, R. M. L. Maximal lactate-steady-state independent of performance. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, p. 1135–1139, 2000.
- BENETTI, M.; SANTOS, R. T. DOS; CARVALHO, T. DE. Cinética de lactato em diferentes intensidades de exercícios e concentrações de oxigênio. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 50–56, 2000.
- BERTUZZI, R. et al. Energy system contributions during incremental exercise test. **Journal of Sports Science and Medicine**, Bursa, v. 12, n. 3, p. 454–460, 2013.
- BERTUZZI, R. C. D. M. et al. Metabolismo do lactato : uma revisão sobre a bioenergética e a fadiga muscular. **Revista Brasileira Cineantropometria Desempenho Humano**, Florianópolis v. 11, n. 2, p. 226–234, 2009.
- BILLAT, V. et al. Hypoxémie et Temps Limite à la Vitesse Aérobie Maximale Chez des Coureurs de Fond. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Paris, v. 20, n. 1, p. 102–111, 1995.
- BILLAT, V. et al. Training effect on performance, substrate balance and blood lactate concentration at maximal lactate steady state in master endurance-runners. **Pflugers Archiv European Journal of Physiology**, Berlin, v. 447, n. 6, p. 875–883, 2004.
- BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, Londres, n. 1, p. 307–310, 1986.
- BOSQUET, L.; LÉGER, L.; LEGROS, P. Methods to determine aerobic endurance. **Sports Medicine**, Stuttgart, v. 32, n. 11, p. 675–700, 2002.
- BRUNETTO, A. F. et al. Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 22–33, 2005.
- BUCHHEIT, M.; SOLANO, R.; MILLET, G. P. Heart-rate deflection point and the second

heart-rate variability threshold during running exercise in trained boys. **Pediatric exercise science**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 192–204, 2007.

CAEN, K. et al. Exercise Thresholds on Trial: Are They Really Equivalent? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 50, n 6, p. 1277-1284, 2018.

CAMBRI, L. T. et al. Variabilidade da frequência cardíaca e controle metabólico. **Arq Sanny Pesq Saúde**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 72–82, 2008.

CANDIDO, N. Reliability of the Heart Rate Variability Threshold using Visual Inspection and Dmax Methods. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, p. 1076–1080, 2015.

CARUSO, F. C. R. et al. Determinação do Limiar Anaeróbio pela Variabilidade da Frequência Cardíaca de pacientes com DPOC durante Exercício em Cicloergômetro. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 25, n. 4, p. 717–725, 2012.

COLZATO, L. S.; STEENBERGEN, L. High vagally mediated resting-state heart rate variability is associated with superior action cascading. **Neuropsychologia**, Oxford, v. 106, p. 1–6, 2017.

CONLEY, D. L.; KRAHENBUHL, G. S. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 12, n. 5, p. 357–360, 1980.

COTTIN, F. et al. Heart Rate Variability during Exercise Performed below and above Ventilatory Threshold. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 36, n. 4, p. 594–600, 2004.

COTTIN, F. et al. Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 28, n. 4, p. 287–294, 2007.

COYLE, E. F. et al. Blood lactate threshold in some well-trained ischemic heart disease patients. **Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology**, Bethesda, v. 54, n. 1, p. 18–23, 1983.

DAVIS, J. A et al. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. **Journal of applied physiology**, Bethesda, , v. 41, n. 4, p. 544–550, 1976.

DE ARAÚJO, L. G. M. et al. Aptidão física e lesões: 54 semanas de treinamento físico com policiais militares. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 98–102, 2017.

DENADAI, B. S. Limiar anaeróbio: considerações fisiológicas e metodológicas. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 74–88, 1995.

DENADAI, B. S. et al. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 37, n. 10, 2004.

DENIS, C. et al. Effect of 40 weeks of endurance training on the anaerobic Threshold. **International Journal of Sports Medicine** 1982; 3: 208-214. **International Journal of Sports**

Medicine, Stuttgart, v. 3, p. 208–214, 1982.

DI MICHELE, R. et al. Estimation of the anaerobic threshold from heart rate variability in an incremental swimming test. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Lincoln, v. 26, n. 11, p. 3059–3066, 2012.

DOURADO, V. Z.; GUERRA, R. L. F. Reliability and validity of heart rate variability threshold assessment during an incremental shuttle-walk test in middle-aged and older adults. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 46, n. 2, p. 194–199, 2013.

FARRELL, P. A. et al. Plasma Lactate Accumulation and Distance Running Performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 11, n. 4, p. 338–344, 1979.

FAUDE, O.; KINDERMANN, W.; MEYER, T. Lactate threshold concepts: how valid are they? **Sports medicine**, Auckland, v. 39, n. 6, p. 469–90, 2009.

FORTES, L. DE S.; FERREIRA, M. E. C. Comparação da insatisfação corporal e do comportamento alimentar inadequado em atletas adolescentes de diferentes modalidades esportivas. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 707–716, 2011.

GARCIA, C. H. Tabelas Para Classificação Do Coeficiente De Variação. Filosofia de trabalho de uma elite de empresas florestais brasileiras, **Piracicaba**, n. 171, p. 10, 1989.

GASKILL, S. E. et al. Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Madison, v. 33, n. 11, p. 1841–1848, 2001.

GRANNELL, A.; DE VITO, G. An investigation into the relationship between heart rate variability and the ventilatory threshold in healthy moderately trained males. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, Oxford, p. 1–7, 2017.

HAM, J. et al. Development of an anaerobic threshold (HRLT, HRVT) estimation equation using the heart rate threshold (HRT) during the treadmill incremental exercise test. **Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry**, Korean, v. 21, n. 3, p. 43–49, 2017.

HECK, H. et al. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 6, n. 3, p. 117–130, 1985.

HIGA, M. N. et al. Comparison of anaerobic threshold determined by visual and mathematical methods in healthy women. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 40, n. 4, p. 501–508, 2007.

HILL, A. V; LUPTON, H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. **Proc Royal Soc Bri**, [s. l.], v. 97, p. 155–176, 1923.

HOLLMANN, W. Historical Remarks on the Development of the Aerobic-Anaerobic Threshold up to 1966. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 6, 1985.

HUG, F. et al. Occurrence of electromyographic and ventilatory thresholds in professional road cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 90, n. 5–6, p. 643–646, 2003.

HULLEY, S. B. et al. **Designing Clinical Research**. 3rd. ed. Phyladelphia: [s.n.]. v. 78

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Practical Assessment of Body Composition. **The physician and sportsmedicine**, England, v. 13, n. 5, p. 76–90, 1985.

JR, A. R. Compreendendo melhor as medidas de análise da variabilidade da frequência cardíaca. **J Diag Cardiol**, [s. l.], p.1-10, 2000.

KARAPETIAN, G. K.; ENGELS, H. J.; GRETEBECK, R. J. Use of heart rate variability to estimate LT and VT. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 29, n. 8, p. 652–657, 2008.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The Significance of the Aerobic-anaerobic Transition for determination of work load intensities during endurance training. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 42, n. 42, p. 25–34, 1979a.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. Physiology The Significance of the Aerobic-anaerobic Transition. **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v. 34, n. 42, p. 25–34, 1979b.

KOO, T. K.; LI, M. Y. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. **Journal of Chiropractic Medicine**, Lombard, v. 15, n. 2, p. 155–163, 2016.

LEPRÊTRE, P.-M. et al. Determination of Ventilatory Threshold using Heart Rate Variability in Patients with Heart Failure. **Surgery:Current Research**, [s. l.], v. 01, n. S12, p. 1–6, 2013.

LIMA-SILVA, A. E. Differences among variables of determination of ventilatory thresholds. **Revisa Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Florianópolis, v. 2, p. 20–28, 2005.

LIMA, J. R. P.; KISS, M. A. P. D. M. Limiar da Variabilidade da Frequência Cardíaca. **Revista Brasileira Atividade Física & Saúde**, v. 4, n. 1, p. 29–38, 1999.

MANKOWSKI, R. T.; MICHAEL, S.; AL, E. Heart-rate variability threshold as an alternative for spiro-ergometry testing: avalidation study. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Lincoln, p. 474–479, 2016.

MARÃES, V. Frequência cardíaca e sua variabilidade: análises e aplicações. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, Barcelona, v. 3, n. 1, p. 33–42, 2010.

MARCEL FERNANDES NASCIMENTO, E. et al. Determination of lactate thresholds in maximal running test by heart rate variability data set. **Asian Journal of Sports Medicine**, Teerã, v. 8, n. 3, 2017.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do Exercício: Nutrição, Energia e Desempenho Humano**. 8. ed. Rio de Janeiro: guanabara koogan, 2016.

MENDIA-IZTUETA, I. et al. Assessment of heart rate variability thresholds from incremental treadmill tests in five cross-country skiing techniques. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 11, n. 1, p. 1–14, 2016.

MENEZES, P. R. DE et al. Resposta Autonômica Cardíaca e Cardiorrespiratória em Atletas de Voleibol Versus Indivíduos Treinados. **Revista SOCERJ**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, p. 235–242, 2009.

MIOT, A. H. Análise de concordância em estudos clínicos e experimentais. **J Vasc Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 89–92, 2016.

MONTEIRO, W. D.; ARAÚJO, C. G. S. DE. Transição caminhada-corrida: considerações fisiológicas e perspectivas para estudos futuros. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 7, n. 6, p. 207–222, 2001.

MOUROT, L. et al. Second ventilatory threshold from heart-rate variability: Valid when the upper body is involved? **International Journal of Sports Physiology and Performance**, Netherlands, v. 9, n. 4, p. 695–701, 2014.

MUKAKA, M. M. Statistics Corner : A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, Malawi, v. 24, n. 3, p. 69–71, 2012.

NAIMARK, A.; WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Continuous measurement of ventilatory exchange ratio during exercise. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v. 19, n. 4, p. 644–652, 1964.

NAKAMURA, F. Y. et al. Change in heart rate variability threshold after short term aerobic training. **Revista Motriz**, Rio Claro, v. 11, n. 1, p. 1–9, 2005.

ACHARYA, U. R. et al. Heart rate variability: A review. **Medical and Biological Engineering and Computing**, Berlin, v. 44, n. 12, p. 1031–1051, 2006.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan LTDA, 2014.

AZEVEDO, P. H. S. M. et al. Limiar Anaeróbio e Bioenergética: uma abordagem didática e integrada. **Revista da Educação Física/UEM**, Maringá, v. 20, n. 3, p. 453–464, 2009.

BASSETT, D. R.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, v. 32, n. 1, p. 70–84, 2000.

BEAVER, W. L.; WASSERMAN, K.; WHIPP, B. J. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. **The American Physiological Society**, Rockville, v. 60, p. 2020–2027, 1986.

BENEKE, R.; UTLER, M. H.; AUER, R. M. L. Maximal lactate-steady-state independent of performance. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, p. 1135–1139, 2000.

BERTUZZI, R. et al. Energy system contributions during incremental exercise test. **Journal of Sports Science and Medicine**, Bursa, v. 12, n. 3, p. 454–460, 2013.

BERTUZZI, R. C. D. M. et al. Metabolismo do lactato : uma revisão sobre a bioenergética e a fadiga muscular Lactate metabolism : a review on bioenergetics and muscle fatigue. **Revista Brasileira Cineantropometria Desempenho Humano**, Florianópolis v. 11, n. 2, p. 226–234, 2009.

BILLAT, V. et al. Training effect on performance, substrate balance and blood lactate concentration at maximal lactate steady state in master endurance-runners. **Pflugers Archiv European Journal of Physiology**, Berlin, v. 447, n. 6, p. 875–883, 2004.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, Londres, n. 1, p. 307–310, 1986.

BOSQUET, L.; LÉGER, L.; LEGROS, P. Methods to determine aerobic endurance. **Sports Medicine**, Stuttgart, v. 32, n. 11, p. 675–700, 2002.

BRUNETTO, A. F. et al. Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 22–33, 2005.

BUCHHEIT, M.; SOLANO, R.; MILLET, G. P. Heart-rate deflection point and the second heart-rate variability threshold during running exercise in trained boys. **Pediatric exercise science**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 192–204, 2007.

CAEN, K. et al. Exercise Thresholds on Trial: Are They Really Equivalent?. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 50, n. 6, p. 1277–1284, 2018.

CAMBRI, L. T. et al. Variabilidade da frequência cardíaca e controle metabólico. **Arq Sanny Pesq Saúde**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 72–82, 2008.

CANDIDO, N. Reliability of the Heart Rate Variability Threshold using Visual Inspection and Dmax Methods. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, p. 1076–1080, 2015.

CARUSO, F. C. R. et al. Determinação do Limiar Anaeróbio pela Variabilidade da Frequência Cardíaca de pacientes com DPOC durante Exercício em Cicloergômetro. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 25, n. 4, p. 717–725, 2012.

COLZATO, L. S.; STEENBERGEN, L. High vagally mediated resting-state heart rate variability is associated with superior action cascading. **Neuropsychologia**, Oxford, v. 106, p. 1–6, 2017.

CONLEY, D. L.; KRAHENBUHL, G. S. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 12, n. 5, p. 357–360, 1980.

COTTIN, F. et al. Heart Rate Variability during Exercise Performed below and above Ventilatory Threshold. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 36, n. 4, p. 594–600, 2004.

COTTIN, F. et al. Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 28, n. 4, p. 287–294, 2007.

COYLE, E. F. et al. Blood lactate threshold in some well-trained ischemic heart disease patients. **Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology**, Bethesda, v. 54, n. 1, p. 18–23, 1983.

DAVIS, J. A et al. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise.

Journal of applied physiology, Bethesda, , v. 41, n. 4, p. 544–550, 1976.

DE ARAÚJO, L. G. M. et al. Aptidão física e lesões: 54 semanas de treinamento físico com policiais militares. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 98–102, 2017.

DENADAI, B. S. Limiar anaeróbio: considerações fisiológicas e metodológicas. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 74–88, 1995.

DENADAI, B. S. et al. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 37, n. 10, 2004.

DENIS, C. et al. Effect of 40 weeks of endurance training on the anaerobic Treshold. *International Journal of Sports Medicine* 1982; 3: 208-214. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 3, p. 208–214, 1982.

DI MICHELE, R. et al. Estimation of the anaerobic threshold from heart rate variability in an incremental swimming test. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Lincoln, v. 26, n. 11, p. 3059–3066, 2012.

DOURADO, V. Z.; GUERRA, R. L. F. Reliability and validity of heart rate variability threshold assessment during an incremental shuttle-walk test in middle-aged and older adults. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 46, n. 2, p. 194–199, 2013.

FARRELL, P. A. et al. Plasma Lactate Accumulation and Distance Running Performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 11, n. 4, p. 338–344, 1979.

FAUDE, O.; KINDERMANN, W.; MEYER, T. Lactate threshold concepts: how valid are they? **Sports medicine**, Auckland, v. 39, n. 6, p. 469–90, 2009.

FORTES, L. DE S.; FERREIRA, M. E. C. Comparação da insatisfação corporal e do comportamento alimentar inadequado em atletas adolescentes de diferentes modalidades esportivas. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 707–716, 2011.

GARCIA, C. H. Tabelas Para Classificação Do Coeficiente De Variação. **Filosofia de trabalho de uma elite de empresas florestais brasileiras**, Piracicaba, n. 171, p. 10, 1989.

GASKILL, S. E. et al. Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Madison, v. 33, n. 11, p. 1841–1848, 2001.

GRANNELL, A.; DE VITO, G. An investigation into the relationship between heart rate variability and the ventilatory threshold in healthy moderately trained males. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, Oxford, p. 1–7, 2017.

HAM, J. et al. Development of an anaerobic threshold (HRLT, HRVT) estimation equation using the heart rate threshold (HRT) during the treadmill incremental exercise test. **Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry**, Korean, v. 21, n. 3, p. 43–49, 2017.

HECK, H. et al. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 6, n. 3, p. 117–130, 1985.

HIGA, M. N. et al. Comparison of anaerobic threshold determined by visual and mathematical methods in healthy women. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 40, n. 4, p. 501–508, 2007.

HILL, A. V; LUPTON, H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. **Proc Royal Soc Bri**, [s. l.], v. 97, p. 155–176, 1923.

HOLLMANN, W. Historical Remarks on the Development of the Aerobic-Anaerobic Threshold up to 1966. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 6, 1985.

HUG, F. et al. Occurrence of electromyographic and ventilatory thresholds in professional road cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 90, n. 5–6, p. 643–646, 2003.

HULLEY, S. B. et al. **Designing Clinical Research**. 3rd. ed. Philadelphia: [s.n.]. v. 78

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Practical Assessment of Body Composition. **The physician and sportsmedicine**, England, v. 13, n. 5, p. 76–90, 1985.

JR, A. R. Compreendendo melhor as medidas de análise da variabilidade da frequência cardíaca. **J Diag Cardiol**, [s. l.], p.1-10, 2000.

KARAPETIAN, G. K.; ENGELS, H. J.; GRETEBECK, R. J. Use of heart rate variability to estimate LT and VT. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 29, n. 8, p. 652–657, 2008.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The Significance of the Aerobic-anaerobic Transition for determination of work load intensities during endurance training. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 42, n. 42, p. 25–34, 1979a.

KINDERMANN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. Physiology The Significance of the Aerobic-anaerobic Transition. **European Journal Applied Physiology**, Berlin, v. 34, n. 42, p. 25–34, 1979b.

KOO, T. K.; LI, M. Y. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. **Journal of Chiropractic Medicine**, Lombard, v. 15, n. 2, p. 155–163, 2016.

LEPRÊTRE, P.-M. et al. Determination of Ventilatory Threshold using Heart Rate Variability in Patients with Heart Failure. **Surgery:Current Research**, [s. l.], v. 01, n. S12, p. 1–6, 2013.

LIMA-SILVA, A. E. Differences among variables of determination of ventilatory thresholds. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Florianópolis, v. 2, p. 20–28, 2005.

LIMA, J. R. P.; KISS, M. A. P. D. M. Limiar da Variabilidade da Frequência Cardíaca. **Revista Brasileira Atividade Física & Saúde**, v. 4, n. 1, p. 29-38, 1999.

MANKOWSKI, R. T.; MICHAEL, S.; AL, E. Heart-rate variability threshold as an alternative for spiro-ergometry testing: a validation study. **Journal of Strength and Conditioning**

Research, Lincoln, p. 474–479, 2016.

MARÃES, V. Frequência cardíaca e sua variabilidade: análises e aplicações. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, Barcelona, v. 3, n. 1, p. 33–42, 2010.

MARCEL FERNANDES NASCIMENTO, E. et al. Determination of lactate thresholds in maximal running test by heart rate variability data set. **Asian Journal of Sports Medicine**, Teerã, v. 8, n. 3, 2017.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do Exercício: Nutrição, Energia e Desempenho Humano**. 8. ed. Rio de Janeiro: guanabara koogan, 2016.

MENDIA-IZTUETA, I. et al. Assessment of heart rate variability thresholds from incremental treadmill tests in five cross-country skiing techniques. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 11, n. 1, p. 1–14, 2016.

MENEZES, P. R. DE et al. Resposta Autonômica Cardíaca e Cardiorrespiratória em Atletas de Voleibol Versus Indivíduos Treinados. **Revista SOCERJ**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, p. 235–242, 2009.

MIOT, A. H. Análise de concordância em estudos clínicos e experimentais. **J Vasc Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 89–92, 2016.

MONTEIRO, W. D.; ARAÚJO, C. G. S. DE. Transição caminhada-corrida: considerações fisiológicas e perspectivas para estudos futuros. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 7, n. 6, p. 207–222, 2001.

MOUROT, L. et al. Second ventilatory threshold from heart-rate variability: Valid when the upper body is involved? **International Journal of Sports Physiology and Performance**, Netherlands, v. 9, n. 4, p. 695–701, 2014.

MUKAKA, M. M. Statistics Corner : A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, Malawi, v. 24, n. 3, p. 69–71, 2012.

NAIMARK, A.; WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Continuous measurement of ventilatory exchange ratio during exercise. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v. 19, n. 4, p. 644–652, 1964.

NAKAMURA, F. Y. et al. Change in heart rate variability threshold after short term aerobic training. **Revista Motriz**, Rio Claro, v. 11, n. 1, p. 1–9, 2005.

NASCIMENTO, E. M. F. **Determinação das zonas de transição metabólica durante a corrida mediante os limiares de variabilidade da frequência cardíaca**. Tese (Educação física, biodinâmica do movimento humano) - Universidade de São Paulo, São paulo, 2010.

NASCIMENTO, E. M. F. et al. Determination of Lactate Thresholds in Maximal Running Test by Heart Rate Variability Data Set. **Asian Journal of Sports Medicine**, Teerã, v. 8, n. 3, 2017.

NEUMAMM, L. B. A. et al. Detecção pontual do limiar ventilatório por meio de índices temporais da variabilidade da frequência cardíaca. **XXIII Congresso Brasileiro em Engenharia Biomédica**, Porto de Galinhas, p. 1–5, 2012.

NEVILL, A. M.; ATKINSON, G.; NEVILL, A. M. Statistical Methods For Assessing Measurement Error (Reliability) Measurement Error (Reliability) in Variables Relevant to Sports Medicine. **Sports Medicine**, Auckland, v. 26, n. 4, p. 217–238, 2016.

OKANO, A. H.; ALTIMARI, L. R.; SIMÕES, H. G. Comparação entre limiar anaeróbio determinado por variáveis ventilatórias e pela resposta do lactato sanguíneo em ciclistas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 12, p. 39–44, 2006.

OYONO ENGUELLE, S. et al. Comparison of arterial and venous blood lactate kinetics after short exercise. / Comparaison de la cinétique du lactate sanguin artériel et veineux apres un bref exercice. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 10, n. 1, p. 16–24, 1989.

PALLARÉS, J. G. et al. Validity and reliability of ventilatory and blood lactate thresholds in well-trained cyclists. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 11, n. 9, p. 1–16, 2016.

PELARIGO, J. G. et al. Comparison Of Different Methods For The Swimming Aerobic Capacity Evaluation. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Lincoln, p. 1, 2017.

PERROTTA, A. S. et al. Validity of the Elite HRV Smartphone Application for Examining Heart Rate Variability in a Field-Based Setting. **Journal of strength and conditioning research**, Lincoln, v. 31, n. 8, p. 2296–2302, 2017.

PIRES, F. D. O. et al. Caracterização da curva do lactato sanguíneo e aplicabilidade do modelo Dmax durante protocolo progressivo em esteira rolante. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 71–75, 2006.

RAMOS-CAMPO, D. J. et al. Heart rate variability to assess ventilatory thresholds in professional basketball players. **Journal of Sport and Health Science**, Shanghai, v. 6, n. 4, p. 468–473, 2017.

RAVE, G. et al. Heart rate recovery and heart rate variability: use and relevance in European professional soccer. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, Cardiff, v. 18, n. 1, p. 168–183, 2018.

SÁ, J. C. F. DE et al. Variabilidade da frequência cardíaca como método de avaliação do sistema nervoso autônomo na síndrome dos ovários policísticos. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 9, p. 421–426, 2013.

SALES, M. M. et al. Noninvasive method to estimate anaerobic threshold in individuals with type 2 diabetes. **Diabetology & Metabolic Syndrome**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 1, 2011.

SALES, M. M. et al. An integrative perspective of the anaerobic threshold. **Physiology and Behavior**, Texas, v. 205, p. 29–32, 2017.

SCHUYLENBERGH, R. VAN; EYNDE, B. VANDEN; HESPEL, P. Correlations Between Lactate and Ventilatory Thresholds and the Maximal Lactate Steady State in Elite Cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 4, p. 4–9, 2004.

SHIRAISHI, Y. et al. Real-time analysis of the heart rate variability during incremental exercise for the detection of the ventilatory threshold. **Journal of the American Heart Association**, Waltham, v. 7, n. 1, p. 1–13, 2018.

SILVA, P. et al. A importância do limiar anaeróbio e do consumo máximo de oxigênio (VO₂ máx) em jogadores de futebol. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 5, n. 11, p. 225–232, 1999.

SIMÕES, H. G. et al. Lactate Threshold Prediction by Blood Glucose and Rating of Perceived Exertion in People with Type 2 Diabetes. **Perceptual and Motor Skills**, Missoula, v. 111, n. 2, p. 365–378, 2010.

SJODIN, B.; JACOBS, I.; KARLSSON, J. Onset of blood lactate accumulation and enzyme activities in M. Vastus Lateralis in man. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, 1981.

SVEDAHL, K.; MACINTOSH, B. R. Anaerobic Threshold: The Concept and Methods of Measurement. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Champaign, 28, n. 2, p. 299–323, 2003.

TAMBURÚS, N. Y. et al. Relação entre a variabilidade da frequência cardíaca e VO₂ pico em mulheres ativas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 20, n. 5, p. 354–358, 2014.

TARVAINEN, M. P. et al. Kubios HRV - Heart rate variability analysis software. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, Amsterdam, v. 113, n. 1, p. 210–220, 2014.

TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING ELECTROPHYSIOLOGY. Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and clinical use. **Circulation**, Dallas, v. 93, p. 1–46, 1996.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. **Métodos de pesquisa em atividade física**. Porto Alegre: Ed. Artmed Ed, 2012.

TULPPO, M. P. et al. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness and training load **The American Physiological Society**, Rockville, p. 424–429, 1998.

TULPPO, M. P.; MAKIKALLIO, T. H. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. **The American Physiological Society**, Rockville, p. 244–252, 1996.

VAGO, P. et al. Is ventilatory anaerobic threshold a good index of endurance capacity? **International journal of sports medicine**, Stuttgart, v. 8, n. 3, p. 190–195, 1987.

VANDERLEI, L. C. M. et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 205–217, 2009.

WASSERMAN, K. The Anaerobic Threshold: Definition, Physiological Significance and Identification. **Advances in Cardiology**, Basel, v. 35, n. 1, p. 1–23, 1986.

WASSERMAN, K. et al. Determination of the anaerobic threshold by gas exchange: biochemical considerations, methodology and physiological effects. **Zeitschrift für Kardiologie**, Darmstadt, v. 83 Suppl 3, p. 1–12, 1994a.

WASSERMAN, K.; BEAVER, W. L.; WHIPP, B. J. Gas Exchange theory and the lactic acidosis (anaerobic) threshold. **Circulation**, Dallas, v. 81, n. 1, p. 14–30, 1990.

WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Detecting the Threshold of Anaerobic Metabolism in Cardiac Patients During Exercise *. **The American Journal of Cardiology**, Dallas, v. 14, p. 844–852, 1964.

WASSERMAN, W. The AT measurement to evaluate exercise performance. **The American Review of Respiratory Disease**, New York, v. 129, p. S35–S40, 1984.

WASSERMANN, K, MCILROY, M. Detecting the threshold of anaerobic metabolism. **The American Journal of Cardiology**, Dallas, v. 14, p. 844–852, 1964.

WELTMAN, A. et al. Percentages of maximal heart rate, heart rate reserve and VO₂max for determining endurance training intensity in male runners. **International journal of sports medicine**, Stuttgart, v. 11, n. 3, p. i26-30, 2013.

WESTON, S. B.; GABBETT, T. J. Reproducibility of ventilation of thresholds in trained cyclists during ramp cycle exercise. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Belconnen, v. 4, n. 3, p. 357–366, 2001.

YOSHIDA, T. et al. Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, Berlin, v. 56, n. 1, p. 7–11, 1987.

APÊNDICE A

ANAMNESE

Data da Coleta: ____/____/____

Nome: _____

E-mail: _____ **Tel./Cel:** _____

Endereço: _____

I. INFORMAÇÕES SOCIODEMOGRÁFICAS:

Data de Nascimento: ____/____/____ **Idade:** _____ anos.

Sexo: () feminino () masculino

Raça/Cor: () branco () pardo () negro () amarela () indígena

Tabagismo: () Sim () Não () Ex-fumante

Estado ocupacional: () estudante () trabalhando () aposentada () pensionista () do lar

Escolaridade: () superior incompleto () superior completo () pós graduação

II. INFORMAÇÕES SOBRE O ESTADO DE SAÚDE:

1) Possui alguma destas dificuldades?

a) Visual: () Sim () Não Se sim, usa óculos/lentes de correção? () Sim () Não

b) Auditiva: () Sim () Não Se sim, usa aparelho auditivo? () Sim () Não

c) Motora: () Sim () Não Se sim, usa algum aparelho? () Sim () Não

Se sim, qual aparelho? _____

d) Outra: () Sim () Não Se sim, qual? _____

2) Possui alguns destes problemas de saúde ou agravos?

() HAS () Diabetes () AVE () Doença Cardíaca () Doença Respiratória () Neoplasias

() Epilepsia/Convulsões () Neuropatias () Doença de Parkinson () Doenças Vestibulares

() Hipotensão Postural () Artrite () Osteoporose () Depressão () Doenças Reumatológicas

() Lesão Traumato-ortopédica () Déficit Cognitivo () Outras: _____

3) Em caso de histórico de lesão traumato-ortopédica?

() quadril D () quadril E () joelho D () joelho E () tornozelo D () tornozelo E () Coluna

() outro segmento corporal _____

Procedimento cirúrgico: () sim () não Qual procedimento? _____

Compromete a realização de atividade física/esporte/lazer? () sim () não

4) Você faz uso de medicamentos diariamente? () sim () não

Medicamento 01 (Nome/Dose diária): _____

Medicamento 02 (Nome/Dose diária): _____

Medicamento 03 (Nome/Dose diária): _____

5) Pratica atividade física regularmente? () sim () não

Modalidade (s): _____

Frequência semanal: _____ Duração (min/dia): _____

Há quanto tempo: _____

APÊNDICE B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar de um projeto de pesquisa intitulado “ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO DOS LIMITES ANAERÓBIOS (I E II)” que foi no Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFEX/CEFD/UFES) localizado no campus de Goiabeiras da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), com duração máxima de 2 horas, sob a responsabilidade da mestrandia LETICIA NASCIMENTO SANTOS NEVES e da prof. Orientadora LUCIANA CARLETTI.

JUSTIFICATIVA

É importante o desenvolvimento de estudos que mostrem as diferentes possibilidades das técnicas de identificação dos limites metabólicos (ventilação e lactato) e autonômico (variabilidade da frequência cardíaca - VFC) que são importantes para a prescrição de atividade física, especialmente a VFC como um método não invasivo, de menor custo, e de fácil aplicação (TASK FORCE ESC AND NASPE, 1996; GRUPI e MORAES, 2001), que permite sua utilização em diferentes indivíduos.

OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo da pesquisa foi estudar a concordância entre os índices de mapeamento do limiar anaeróbio, do ponto de vista metabólico e do ponto de vista autonômico. E com isso possibilitar uma comparação e verificação de técnicas por meio do VO₂ e da velocidade de corrida.

PROCEDIMENTOS

Ao aceitar o convite e assinar ou rubricar todas as páginas deste TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) uma série de fatores ligados à vida e a saúde foram investigados através da aplicação de questionários, sociodemográfico (Contendo dados referentes à idade, sexo, raça, tabagismo, complicações cardiorrespiratórias) e nível de atividade física através da escala chama IPAQ que contém 27 questões relacionadas a prática de atividade. Em seguida foram realizadas as avaliações seguintes:

- Avaliação do peso, altura e de tecido adiposo (gordura), utilizando uma régua para mensurar a altura, e em seguida pesados em uma balança, com os resultados foi calculado o índice de massa corporal (IMC). As medidas antropométricas foram realizadas por uma mesma

avaliadora experiente que utilizou um plicômetro científico com sensibilidade 0,1mm e amplitude de leitura de 85mm (Mitutoyo/Cescorf, RS), incluindo 7 dobras cutâneas (tricipital, subescapular, peitoral, axilar média, supra-ilíaca, abdominal e coxa), além da utilização de uma trena antropométrica para perimetria com 2 m de aço flexível com resolução em mm (Cescorf, RS).

- Avaliação das variações de pressão arterial, foi realizada de forma digital contínua não invasiva, a avaliação ocorrerá antes do início de cada teste.

- Teste de ergoespirometria, realizado em esteira rolante com duração entre 10 e 12 minutos, a velocidade da esteira foi aumentada gradativamente até que o participante fique cansado. Os participantes foram orientados antes de iniciar os testes, sobre os procedimentos de realização do teste.

- Teste 2 em esteira rolante, o protocolo utilizado foi de incremento contínuo de carga, 3min por estágio com incremento de 1km.h⁻¹ a cada 3 min. Antes do teste o participante ficará em repouso, sendo 5min em decúbito dorsal e 5min em pé para coleta de sangue e de variabilidade da frequência cardíaca com cardiofrequencímetros.

- Lactacidemia, foi feita punção do lobo da orelha por meio de uma lanceta picadora estéril, utilizando luvas de procedimento e previa limpeza da área com álcool. A primeira gota de sangue foi desprezada para evitar contaminação. O sangue coletado foi depositado em tubos.

RISCOS E DESCONFORTOS

A pesquisa apresenta o risco da coleta de sangue (no repouso e em exercício). A retirada de sangue é feita por punção do lobo da orelha. Os riscos de uma punção no lobo da orelha são vermelhidão e hematomas. A retirada de sangue pode trazer desconforto para alguns indivíduos. Entretanto, este desconforto, em geral, é bem tolerado. Para minimizar os riscos supracitados, procedimentos de biossegurança para a coleta desse material foram criteriosamente executados. Apenas materiais descartáveis e estéreis foram utilizados. Os demais exames da pesquisa não foram invasivos.

O teste ergoespirométrico máximo apresenta nível de risco muito pequeno, principalmente quando realizado em pessoas saudáveis, ou seja, que não sejam portadoras de cardiopatia. Sendo assim, só encaminharemos para este exame os participantes que nos exames iniciais tiverem pressão arterial normal (menor que 140/90mmHg) e eletrocardiograma de repouso normal. O teste ergoespirométrico foi feito por médico cardiologista. Para minimizar os riscos, o eletrocardiograma é continuamente monitorado no paciente. O médico pedirá ao participante para interromper o teste caso necessário e explicará ao participante o motivo da interrupção. A

sala onde o teste foi feito dispõe de equipamentos para assistência ventilatória de emergência, além de cardioversão, para atender a eventuais ocorrências graves. O médico assistente também poderá decidir não fazer o teste se o participante estiver tomando certos medicamentos que facilitam o aparecimento de arritmias cardíacas, como medicamentos para melhorar a respiração ou melhorar o desempenho físico. Por isso você deverá informar, antes do teste, os medicamentos que estiver usando.

BENEFÍCIOS

Os benefícios da sua participação foi a oportunidade de realizar uma série de exames clínicos e laboratoriais que dará a você informações sobre seu estado atual de saúde e também estará contribuindo com estudos para a geração do conhecimento, por parte dos profissionais da área da saúde, principalmente os que atuam na prescrição de exercícios físicos.

ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA

Um médico ficará responsável por rever todos os seus exames e lhe informar pessoalmente sobre todas as alterações que forem encontradas e que tiverem significado clínico, além disso Houve uma equipe de profissionais da área da saúde acompanhando o participante.

GARANTIA DE RECUSA EM PARTICIPAR DA PESQUISA E/OU RETIRADA DE CONSENTIMENTO

Esclarecemos que você não é obrigado a participar da pesquisa, podendo deixar de participar dela em qualquer momento de sua execução, sem que haja penalidades ou prejuízos decorrentes de sua recusa. Caso decida retirar seu consentimento, você não mais foi contatado pelos pesquisadores.

GARANTIA DE MANUTENÇÃO DO SIGILO E PRIVACIDADE

Os pesquisadores se comprometem a resguardar sua identidade durante todas as fases da pesquisa, inclusive após publicação. Assim que você for incluído no estudo receberá um número de código. A associação deste código ao seu nome fica restrito a um número mínimo necessário de pesquisadores. Uma vez constituído o banco de dados seu nome é excluído e todas as análises são feitas apenas com conhecimento de código não havendo assim possibilidade de que alguém venha a levantar sua identidade ao examinar os dados da pesquisa.

RESSARCIMENTO FINANCEIRO

A sua participação no projeto é voluntária, ou seja, você não irá receber nenhuma compensação financeira e não financeira (notas, abono de faltas, etc) em função de você ser incluído nesta pesquisa. Também o seu comparecimento aos locais dos exames nos dias agendados foi de sua responsabilidade. Houve ressarcimento das despesas provenientes da participação na pesquisa, todos os exames foram gratuitos, sendo os custos cobertos por recursos concedidos por órgãos públicos para financiamento da pesquisa.

GARANTIA DE INDENIZAÇÃO

Trata-se de uma pesquisa com previsão de realização de exames para avaliação cardiopulmonar para a realização de atividade física, na eventualidade de ocorrer algum dano decorrente da pesquisa é garantida indenização conforme resolução IV.4.c da Res. CNS 466/12.

ESCLARECIMENTO DE DÚVIDAS

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa ou para relatar algum problema, você poderá contatar o pesquisador responsável pelo projeto (LETICIA NASCIMENTO SANTOS NEVES) nos telefones, (27) 998912600 ou no endereço Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras -| Vitória - ES - CEP 29075-910 - Universidade Federal do Espírito Santo.

Em caso de denúncias e/ou intercorrências na pesquisa, você também poderá contatar o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, UFES/Campus Goiabeiras Prédio Administrativo do Centro de Ciências Humanas e Naturais Campus Universitário de Goiabeiras, Av. Fernando Ferrari, s/n, Vitória - ES, através do telefone (27) 3145-9820, e-mail: cep.goiabeiras@gmail.com ou pelo correio ou pessoalmente no endereço: Comitê de Ética em Pesquisa Goiabeiras da Universidade Federal do Espírito Santo (CEP/UFES - Goiabeiras), Av. Fernando Ferrari, 514, Campus de Goiabeiras, sala 7 do prédio administrativo do CCHN, Vitória/ES, CEP 29060-970, Vitória - ES, Brasil. O CEP/UFES - Goiabeiras tem a função de analisar projetos de pesquisa visando à proteção dos participantes dentro de padrões éticos nacionais e internacionais.

Declaro que fui verbalmente informado e esclarecido sobre o presente documento, entendendo todos os termos acima expostos e que, voluntariamente, aceito participar deste estudo. Também declaro ter recebido uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de igual teor, assinada pelo (a) pesquisador(a) principal ou seu representante, e rubricada em todas as páginas.

Vitória, _____ de _____ de 201_____

Na qualidade de pesquisador responsável pela pesquisa “Análise das técnicas de identificação dos Limiares Anaeróbios (I e II)”, eu, LETICIA NASCIMENTO SANTOS NEVES, declaro ter cumprido as exigências do(s) item(s) IV.3 e IV.4 (se pertinente), da Resolução CNS 466/12, a qual estabelece diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos.

Pesquisador

Participante

ANEXO I



UFES - UNIVERSIDADE
FEDERAL DO ESPÍRITO
SANTO - CAMPUS GOIABEIRA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO DOS LIMIARES ANAERÓBIOS

Pesquisador: Leticia Nascimento Santos Neves

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 76607717.5.0000.5542

Instituição Proponente: Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.334.082

Apresentação do Projeto:

O presente estudo trata da “ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO DOS LIMIARES ANAERÓBIOS” visto que esse indicador é frequentemente utilizado, porém, ele possui variadas nomenclaturas, o que dificulta sua padronização. Com isso, este estudo se propõe a utilizar como padrão os termos Limiar Anaeróbio Ventilatório (LAV) e Ponto de Compensação Respiratório (PCR). A autora do projeto explica que existem variadas técnicas para mensuração dos Limiares, indiretas (através dos parâmetros ventilatórios e da variabilidade da frequência cardíaca) e diretas (como a medição do lactato através da coleta de sangue). Sendo assim, a pesquisadora tem como objetivo principal estudar a concordância entre os índices de mapeamento do limiar anaeróbio, do ponto de vista metabólico (ventilação e lactato) e do ponto de vista autonômico (variabilidade da frequência cardíaca) e, com isso, possibilitar uma comparação e verificação de técnicas por meio do VO₂ e da velocidade de corrida. Finalmente, a hipótese do projeto de pesquisa apresentado é que possa ser possível encontrar concordância entre os métodos metabólicos e autonômico.

JUSTIFICATIVA: É importante o desenvolvimento de estudos que mostrem as diferentes possibilidades das técnicas de identificação dos limiares metabólicos (ventilação e lactato) e autonômico (variabilidade da frequência cardíaca - VFC) que são importantes para a prescrição de atividade física, especialmente a VFC como um método não invasivo, de menor custo, e de fácil aplicação, que permite sua utilização em diferentes indivíduos.

Endereço: Av. Fernando Ferrari, 514 - Campus Universitário, Prédio Administrativo do CCHN

Bairro: Goiabeiras

CEP: 29.075-910

UF: ES

Município: VITÓRIA

Telefone: (27) 3145-9820

E-mail: cep.goiabeiras@gmail.com

METODOLOGIA PROPOSTA: A autora do projeto descreve com clareza a metodologia que será utilizada, conforme descrito a seguir: “Será realizado um estudo observacional, transversal, descritivo e correlacional. Serão selecionados 50 participantes, estudantes universitários, do sexo masculino e feminino do curso de Educação Física (licenciatura ou bacharelado). Serão realizadas duas visitas ao laboratório. Inicialmente, serão aplicados questionários para coletar os dados demográficos, auto preenchido, o IPAQ, coletarão as medidas antropométricas e em seguida será realizado o teste cardiopulmonar de exercício até a exaustão voluntária máxima. E posteriormente será realizado um reteste com base nos limiares identificados no primeiro teste para medir a variabilidade e o lactato nos estágios pré-definidos e posteriormente identificá-los. As variáveis coletadas serão submetidas ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov. Para comparar as técnicas de identificação do limiar anaeróbio ventilatório com o limiar de lactato e a variabilidade da FC será utilizado a ANOVA de uma via, e para verificar a associação entre os métodos será utilizado a correlação de Pearson, seguida de regressão linear, caso se verifique relação entre as variáveis. A técnica de Bland Altman será empregada para avaliar a concordância entre os métodos.”

Ainda, há o detalhamento das técnicas que serão utilizadas nas páginas 9 a 14 do projeto detalhado.

REFERÊNCIA SUCINTA AOS CRITÉRIOS DE PARTICIPAÇÃO: Conforme consta no projeto detalhado (página 9) os critérios de inclusão para participar da pesquisa são: a) ter entre 18 e 30 anos, b) ser considerado apto a fazer atividade física. Critérios de exclusão: a) apresentar doença cardiovascular, metabólica, respiratória ou osteoligamentar, que limitem a execução de esforço físico máximo; b) fazer uso de medicamentos e/ou álcool e tabaco.

SOBRE OS CRITÉRIOS DE PARTICIPAÇÃO - INTERRUPÇÃO DA PESQUISA: Consta no TCLE: “GARANTIA DE RECUSA EM PARTICIPAR DA PESQUISA E/OU RETIRADA DE CONSENTIMENTO:

Esclarecemos que você não é obrigado a participar da pesquisa, podendo deixar de participar dela em qualquer momento de sua execução, sem que haja penalidades ou prejuízos decorrentes de sua recusa. Caso decida retirar seu consentimento, você não mais será contatado pelos pesquisadores.”

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo do projeto será estudar a concordância entre os índices de mapeamento do limiar

anaeróbio, do ponto de vista metabólico (ventilação e lactato) e do ponto de vista autonômico (variabilidade da frequência cardíaca). E com isso possibilitar uma comparação e verificação de técnicas por meio do VO₂ e da velocidade de corrida. Assim, a hipótese do trabalho é que possa ser possível encontrar concordância entre os métodos metabólicos e autonômicos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Conforme consta no projeto detalhado (página 23), no TCLE, os RISCOS E DESCONFORTOS que o sujeito possa apresentar, assim como as medidas de segurança, são descritas a seguir: “A pesquisa apresenta o risco da coleta de sangue (no repouso e em exercício). A retirada de sangue é feita por punção do lobo da orelha. Os riscos de uma punção no lobo da orelha são vermelhidão e hematomas. A retirada de sangue pode trazer desconforto para alguns indivíduos. Entretanto, este desconforto, em geral, é bem tolerado. Para minimizar os riscos supracitados, procedimentos de biossegurança para a coleta desse material serão criteriosamente executados. Apenas materiais descartáveis e estéreis serão utilizados. Os demais exames da pesquisa não serão invasivos. O teste ergoespiométrico máximo apresenta nível de risco muito pequeno, principalmente quando realizado em pessoas saudáveis, ou seja, que não sejam portadoras de cardiopatia. Sendo assim, só encaminharemos para este exame os participantes que nos exames iniciais tiverem pressão arterial normal (menor que 140/90mmHg) e eletrocardiograma de repouso normal. O teste ergoespiométrico será feito por médico cardiologista. Para minimizar os riscos, o eletrocardiograma é continuamente monitorado no paciente. O médico pedirá ao participante para interromper o teste caso necessário e explicará ao participante o motivo da interrupção. A sala onde o teste será feito dispõe de equipamentos para assistência ventilatória de emergência, além de cardioversão, para atender a eventuais ocorrências graves. O médico assistente também poderá decidir não fazer o teste se o participante estiver tomando certos medicamentos que facilitam o aparecimento de arritmias cardíacas, como medicamentos para melhorar a respiração ou melhorar o desempenho físico. Por isso você deverá informar, antes do teste, os medicamentos que estiver usando.”

Conforme consta no projeto detalhado (página 24), no TCLE, os possíveis benefícios aos sujeitos são: “Os benefícios da sua participação será a oportunidade de realizar uma série de exames clínicos e laboratoriais que dará a você informações sobre seu estado atual de saúde e também estará contribuindo com estudos para a geração do conhecimento, por parte dos profissionais da área da saúde, principalmente os que atuam na prescrição de exercícios físicos.”

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O protocolo de pesquisa trata-se de pesquisa de Mestrado desenvolvido no Centro de Educação Física e Desportos.

SOBRE O ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA: Um médico ficará responsável por rever todos os exames e informar pessoalmente sobre todas as alterações que forem encontradas e que tiverem significado clínico, além disso haverá uma equipe de profissionais da área da saúde acompanhando o participante.

O médico assistente estará presente durante todo o procedimento? Sim, conforme consta na página 11: O teste será acompanhado por um médico cardiologista e um profissional de Educação Física.

SOBRE A BIOSSEGURANÇA: Consta na página 23 do projeto: A pesquisa apresenta o risco da coleta de sangue (no repouso e em exercício). A retirada de sangue é feita por punção do lobo da orelha. Os riscos de uma punção no lobo da orelha são vermelhidão e hematomas. A retirada de sangue pode trazer desconforto para alguns indivíduos. Entretanto, este desconforto, em geral, é bem tolerado. Para minimizar os riscos supracitados, procedimentos de biossegurança para a coleta desse material serão criteriosamente executados. Apenas materiais descartáveis e estéreis serão utilizados. Os demais exames da pesquisa não serão invasivos.

QUESTIONA-SE: CASO ACONTEÇA UMA OCORRÊNCIA GRAVE DURANTE A PESQUISA, A AUTORA DO PROTOCOLO DE PESQUISA DESCREVE OS PROCEDIMENTOS NECESSÁRIOS OU SE O LOCAL TEM ESTRUTURA PARA REALIZAR A ASSISTÊNCIA VENTILATÓRIA DE EMERGÊNCIA E A CARDIOVERSÃO?

Sim, conforme explicado na página 23 do projeto: O teste ergoespiométrico máximo apresenta nível de risco muito pequeno, principalmente quando realizado em pessoas saudáveis, ou seja, que não sejam portadoras de cardiopatia. Sendo assim, só encaminharemos para este exame os participantes que nos exames iniciais tiverem pressão arterial normal (menor que 140/90mmHg) e eletrocardiograma de repouso normal. O teste ergoespiométrico será feito por médico cardiologista. Para minimizar os riscos, o eletrocardiograma é continuamente monitorado no paciente. O médico pedirá ao participante para interromper o teste caso necessário e explicará ao participante o motivo da interrupção. A sala onde o teste será feito dispõe de equipamentos para assistência ventilatória de emergência, além de cardioversão, para atender a eventuais ocorrências graves.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Com base na Resolução n. 466/2012 CNS, analisou-se:

** A Folha de Rosto: adequada. Consta o preenchimento correto, assinatura e carimbo.

** Projeto detalhado: o arquivo PROJETO_LETICIANSN.pdf (postado em 15/09/2017) consta o projeto completo.

** Quanto ao cronograma de execução do estudo: adequado. No projeto de pesquisa, página 16, consta as etapas da pesquisa e o compromisso do pesquisador só iniciar a pesquisa de campo após a aprovação do protocolo de pesquisa pelo Comitê de Ética, conforme item 3.4.1.9 da Norma Operacional CNS nº 001 de 2013.

** Em relação ao Termo de Consentimento Livre Esclarecido: o mesmo foi escrito de maneira completa e compreensível aos sujeitos do estudo, com concisão e objetividade e com a descrição suficiente dos procedimentos.

** Quanto ao orçamento do estudo: consta no comprovante de envio do projeto (no item patrocinador principal) e, nas informações básicas do projeto: financiamento próprio.

Recomendações:

Não há recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Projeto aprovado por esse comitê, estando autorizado a ser iniciado.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_975892.pdf	15/09/2017 10:26:46		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_LETICIANSN.pdf	15/09/2017 10:26:08	Leticia Nascimento Santos Neves	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_LETICIA.pdf	13/09/2017 23:24:05	Leticia Nascimento Santos Neves	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto_projeto_leticia.pdf	01/09/2017 19:11:29	Leticia Nascimento Santos Neves	Aceito



UFES - UNIVERSIDADE
FEDERAL DO ESPÍRITO
SANTO - CAMPUS GOIABEIRA



Continuação do Parecer: 2.334.082

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

VITORIA, 17 de Outubro de 2017

Assinado por:
Fabiana Pinheiro Ramos
(Coordenador)