

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS

IGOR ZIVIANI ARAUJO

VALIDADE DO LIMAR GLICÊMICO PARA IDENTIFICAÇÃO DO LIMAR
ANAERÓBIO

VITÓRIA - ES

2019

IGOR ZIVIANI ARAUJO

**VALIDADE DO LIMIAR GLICÊMICO PARA IDENTIFICAÇÃO DO LIMIAR
ANAERÓBIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito final para obtenção do grau de Bacharel em Educação Física.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Luciana Carletti

VITÓRIA - ES

2019

IGOR ZIVIANI ARAUJO

**VALIDADE DO LIMIAR GLICÊMICO PARA IDENTIFICAÇÃO DO LIMIAR
ANAERÓBIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito final para obtenção do grau de Bacharel em Educação Física.

Trabalho Defendido e Aprovado em: ____/____/____

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a Dra. Luciana Carletti
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Prof^a Ms Leticia Nascimento Santos Neves
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof^o Dr^o. Carlos Kalva
Universidade Federal do Espírito Santo

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter me sustentado em todos os momentos difíceis até aqui, por ter me dado a condição de poder estudar em uma universidade pública. Gratidão eterna a professora Luciana Carletti que me deu a oportunidade de me desenvolver e aprender ao seu lado desde o segundo período de curso. Pelas horas de reuniões, pela paciência e por todos os ensinamentos, meu muito obrigado. Obrigado aos professores (as) Leticia Nascimento dos Santos Neves e Carlos Augusto Kalva Filho por aceitarem o convite para compor a banca examinadora, sou extremamente grato pelos apontamentos e contribuições. Obrigado aos amigos da pós-graduação por todo apoio e ensinamentos e ao corpo docente de professores que sempre estiveram dispostos a ajudar nos alunos, e aos funcionários do Centro de Educação Física e desportos da UFES.

Não poderia deixar de registrar o agradecimento aos meus pais e irmão, Rozinélia, Ismael e Iury que me apoiam e me fortalecem em todos os momentos da minha vida, sem eles nada seria possível. Agradecer aos familiares que durante essa caminhada, me apoiaram de todas as formas e nunca me deixaram faltar nada. E aos grandes amigos que ganhei ao longo da graduação, obrigado por me ajudarem a ultrapassar muitos percalços nesses 5 anos.

Nota do autor

Esse estudo foi produto de uma iniciação científica, que será apresentado no formato de artigo científico para submissão na revista *The Physician and Sportsmedicine* após avaliação da banca.

Resumo

O limiar de lactato (LL) e o ventilatório são técnicas aceitas para se avaliar a intensidade do exercício, mas são métodos dispendiosos. O LL acontece em intensidades do exercício em que há elevação das catecolaminas plasmáticas, que favorece a biodisponibilidade de glicose no sangue, favorecendo uma possível semelhança entre o limiar glicêmico (LG) e LL. Acredita-se que a medida do limiar de variabilidade da FC (LVFC), que demarca o balanço autonômico (simpático/parassimpático) poderia identificar uma intensidade de esforço semelhante ao LG. **Objetivo:** Testar a exatidão entre LG e o LL, tendo como referência o LL e verificar se LVFC e LG confirmam suas relações fisiológicas. **Metodologia:** Participaram 34 acadêmicos do sexo masculino, saudáveis e ativos (22 ± 2 anos). Foi aplicado um questionário de saúde e de atividade física. Empregou-se medidas antropométricas e teste cardiopulmonar de exercício (TCPE). Após um intervalo mínimo de 48 horas, foi realizado um novo TCPE para identificação do LG, LL e LVFC. Aplicou-se o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, e o teste “t” Student para comparar os limiares. A reprodutibilidade, foi testada pelo coeficiente de correlação intraclasse (ICC), erro típico (ET), coeficiente de variação (CV) e a técnica de Bland Altman. **Resultados:** Na comparação das médias os limiares foram semelhantes. Na comparação entre o LG e LL, FC foi a variável que apresentou melhor confiabilidade (ICC=0,80) e boa exatidão (ET= 4,7% e CV= 6,6%). Em seguida, na análise entre LG e LVFC, FC apresentou confiabilidade moderada (ICC=0,60) e boa precisão (ET= 5,9% e CV= 8,4%). Ambos obtiveram pouca dispersão nos valores na técnica de Bland Altman e diferença das médias próxima a zero. **Conclusão:** LG e LL apresentam concordância para identificação do LA e isso se reforça pela proximidade entre LG e LVFC. Portanto, o LG pode ser utilizado no lugar do LL, quando se utiliza a FC, e isso, pode ser uma boa estratégia para controlar intensidades em adultos jovens.

Palavras Chave: Prescrição do Exercício; Glicose mínima; Limiar anaeróbio; Glicemia. Frequência Cardíaca.

Abstract

Lactate threshold (LL) and ventilatory are accepted techniques for assessing exercise intensity, but they are invasive and costly measures. LL occurs at exercise intensities in which there is elevation of plasma catecholamines, which favors the bioavailability of blood glucose, favoring a possible similarity between the glycemic threshold (LG) and LL. It is believed that the measurement of the HR variability threshold (CFVR), which demarcates the autonomic balance (sympathetic / parasympathetic) could identify an effort intensity similar to the LG. **Objective:** Test the accuracy between LG and LL, using the LL as a reference and verify if CFVL and LG confirm their physiological relationships. **Methodology:** 34 healthy and active male students (22 ± 2 years) participated. A health and physical activity questionnaire (IPAQ) were applied. Anthropometric measurements and cardiopulmonary exercise test (CPET) were used. After a minimum interval of 48h, a new TCPE was performed to identify LG, LL and LVFC. The Kolmogorov-Smirnov normality test and the Student t-test were applied to compare the thresholds. Reproducibility was tested by intraclass correlation coefficient (ICC), typical error (ET), coefficient of variation (CV) and the Bland Altman technique. **Results:** Comparing the averages, the thresholds were similar. In the comparison between LG and LT, HR was the variable that presented the best reliability (ICC = 0.80) and good accuracy (ET = 4.7% and CV = 6.6%). Then, in the analysis between LG and CFVR, HR presented moderate reliability (ICC = 0.60) and good accuracy (ET = 5.9% and CV = 8.4%). Both obtained little dispersion in the values in the Bland Altman technique and average difference close to zero. **Conclusion:** LG and LL presented agreement for identification of AT and this is reinforced by the proximity between LG and LVFC. Therefore, LG can be used in place of LL when using HR, and this can be a good strategy to control intensities in young adults.

Keywords: Exercise Prescription; Minimum glucose; Anaerobic threshold; Glucose. Heart Rate.

Sumário

1. Introdução	9
2. Metodologia	10
2.2 Amostra	10
2.3 Procedimentos	11
2.4 Antropometria	11
2.5 Teste cardiopulmonar de exercício (TCPE)	11
2.6 Identificação dos limiares ventilatórios.....	12
2.7 Teste progressivo escalonado.....	13
2.8 Coleta e identificação do limiar glicêmico.....	14
2.9 Coleta e identificação do limiar de lactato	14
2.10 Coleta e identificação do limiar de variabilidade da frequência cardíaca.....	15
2.11 Procedimentos estatísticos.....	16
3. Resultados	16
4. Discussão	18
5. Conclusão.....	20
6. Referências.....	21
7. Tabelas	25
8. Figuras.....	28

1. Introdução

A definição de intensidades mais precisas para prática de exercícios físicos, tendo como referência os limiares metabólicos, favorece a identificação de zonas de treinamento individualizadas, e o alcance de progressos mais eficientes nos parâmetros da aptidão física relacionada à saúde (Peric, Drobnic, & Baker, 2018) ou ao rendimento (Weatherwax, Harris, Kilding, & Dalleck, 2016). Os limiares metabólicos consistem de índices fisiológicos submáximos mensurados durante um teste progressivo, sendo o mais utilizado, o limiar anaeróbio (LA) (Azevedo et al., 2009). O LA é um termo geral que é utilizado para todos os meios de identificação do fenômeno, mas de acordo com a variável mensurada para identificá-lo terá uma nomenclatura apropriada, ou seja, limiar ventilatório (LV); limiar de lactato (LL); limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LVFC), limiar glicêmico (LG), dentre outros (Azevedo et al., 2009).

O limiar de lactato (LL) e o limiar ventilatório são técnicas bem aceitas para se avaliar esse fenômeno (Gaskill et al., 2001; Okano et al., 2006), mas são medidas que apresentam alto custo para sua realização, pois demandam o uso de equipamentos sofisticados e de manutenção dispendiosa. O LL pode ser identificado em dois momentos distintos denominados limiar 1 e o limiar 2 (Kindermann, Simon, & Keul, 1979). Sabe-se que o limiar de lactato 2 (LL) é caracterizado pelo aumento exponencial do lactato no sangue, e que quando considerados valores fixos, são de aproximadamente 4 mmol.L⁻¹ (Kindermann et al., 1979). Esse fenômeno acontece em intensidades do exercício em que há também elevação das catecolaminas plasmáticas (Chmura, Nazar, & Kaciuba-Uscilko, 1994).

Outro método a ser utilizado é o LG, visto que, evidências mostram um comportamento semelhante do comportamento do lactato e da glicose, de acordo com o incremento da intensidade do exercício (Simões, Silvia, Campbell, & Kokubun, 1998). Nesse sentido, espera-se um comportamento da glicemia elevado no momento do LL, visto que a elevação dos níveis de catecolaminas plasmáticas favorece a biodisponibilidade de glicose no

sangue, por meio de estímulos à glicogenólise e gliconeogênese (Powers & Howley, 2017). Desta forma, o LG, visto como menor valor de glicose antes do aumento abrupto é associado ao LL2, caracterizado pelo acúmulo exponencial de lactato (Simões et al., 1998).

Acredita-se que haja alguma semelhança fisiológica entre o LG e LVFC, que demarca o balanço autonômico (simpático/parassimpático) que poderia identificar uma intensidade de esforço semelhante à do LG, isto porque, em exercícios com intensidades mais elevadas em que o sistema nervoso simpático é predominante (Lima & Kiss, 1998), também são observados fatores que comprovam o aumento da glicose sanguínea (Powers & Howley, 2017). Contudo isso não foi descrito na literatura, até o momento.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi testar a validade concorrente do LG durante um teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) para identificação da intensidade do exercício em adultos jovens saudáveis, tendo como referência o limiar de lactato. E como objetivo secundário, verificar se a ocorrência do LG apresenta concordância com o LVFC confirmando suas relações fisiológicas.

2. Metodologia

2.2 Amostra

A amostra foi composta por 31 universitários, saudáveis, do sexo masculino, com média de idade 22 ± 2 anos. Os voluntários foram esclarecidos sobre os procedimentos por meio do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Critérios de inclusão: estar apto para executar exercício físico e idade entre 18 e 30 anos. Para exclusão considerou-se: uso de medicamentos, apresentar limitações locomotoras ou doenças diagnosticadas, consumo regular de cigarro e bebidas alcoólicas. O estudo foi aprovado no comitê de ética em pesquisa da Universidade Federal do Espírito Santo (CAAE 76607717.5.0000.5542).

2.3 Procedimentos

Os procedimentos foram executados conforme apresentado na Figura 1. O levantamento de informações de saúde e pessoais foi por meio de um questionário auto preenchido.

2.4 Antropometria

O peso corporal e a estatura foram medidos por meio de balança antropométrica digital com estadiômetro de precisão de 1mm (Marte Científica, L200, São Paulo) e com capacidade máxima de 201kg e sensibilidade de 50g. Sendo possível calcular o Índice de Massa Corporal (IMC). A medida da composição corporal foi realizada pela 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). Calculou-se o percentual de gordura pela fórmula proposta por Jackson e Pollock (Jackson & Pollock, 1978).

2.5 Teste cardiopulmonar de exercício (TCPE)

Os indivíduos permaneceram por pelo menos 5min em decúbito dorsal, em ambiente tranquilo, e sobre uma maca, onde foi realizado um eletrocardiograma de repouso de 12 derivações (Eletrocardiógrafo USB MICROMED, Brasília, Brasil). O registro eletrocardiográfico durante o pré-esforço, em pé na esteira, e em esforço foram realizados utilizando-se as derivações: MC5, D2M e V2M.

O teste foi realizado em esteira rolante motorizada (Inbra Sport Super ATL, Porto Alegre, Brasil) mantida com inclinação de 1% seguindo protocolo de rampa individualizado, objetivando uma duração total entre 10 e 12 min de teste. A velocidade foi incrementada

gradativamente até que o indivíduo atingisse a exaustão. O teste iniciou com uma velocidade de 5 km.h⁻¹ com o incremento na velocidade de 0,7 a 1 km.h⁻¹.

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 MetasoftTM. A unidade do Cortex foi calibrada pelo método de circuito fechado, através de gás de calibração conhecido (cilindro de 11,97% O₂ e 4,95% CO₂ original, atestado pelo fabricante), e também pelo ar ambiente, o que permitiu 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 devida higienização, a máscara foi adaptada na face do sujeito de maneira a permitir que não haja escape de ar, verificado ao menos duas vezes antes de inserir a linha de ar. O teste seguiu com acompanhamento de um médico cardiologista e um profissional de Educação Física. Houve incentivo verbal para os corredores 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 imediatamente após 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 (Billat, Sirvent, Lepretre, & Koralsztein, 2004; Howley, Bassett, & Welch, 1995) e atingir concentração sanguínea de lactato ≥ 8 mm/L.

2.6 Identificação dos limiares ventilatórios

O limiar foi identificado considerando sempre o tempo após dois minutos de teste, para evitar erros advindos pelo atraso nos ajustes cardiorrespiratórios do início do exercício (Wasserman, Hansen, Sue, Casaburi, & Whipp, 2005). Foi utilizado como critério de identificação o

método computadorizado (Metasoft™) do limiar o aumento do VCO_2 em relação ao VO_2 (V-Slope). Enquanto o método de identificação visual empregado foi o aumento do equivalente ventilatório de O_2 (VE/VO_2) sem elevação do equivalente ventilatório de CO_2 (VE/VCO_2). Havendo discordância entre os métodos visual e V-slope, o primeiro era considerado como referência. 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 ponto de compensação respiratória (PCR) foi identificado considerando o momento do ponto mais baixo do VE/VCO_2 com posterior elevação além do momento da queda gradual da $PetCO_2$ (Beaver, Wasserman, & Whipp, 1986). O LAV e o PCR foram determinados sempre pelos mesmos dois avaliadores e em caso de discordância um terceiro parecer será solicitado.

2.7 Teste progressivo escalonado

Os participantes foram convidados para uma nova visita ao Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFEX) para executarem um novo teste de esforço em intensidade acima, abaixo e no limiar anaeróbio ventilatório (LAV). O protocolo utilizado foi de incremento contínuo de carga, 3min por estágio com incremento de $1km.h^{-1}$ a cada 3 min proporcionalmente. Antes do teste o participante permaneceu em repouso, sendo 5min em decúbito dorsal e 5min em pé. A velocidade inicial do protocolo foi de $2 km.h^{-1}$ abaixo do limiar anaeróbio encontrado no teste de esforço e prosseguiu até o esforço máximo, não ultrapassando mais de 10 estágios de exercício. Após o teste os avaliados permaneceram mais 5 estágios de recuperação (Após 1min, 3min, 5min e 7min), sendo que até 3min foi executada recuperação ativa a $4km.h^{-1}$ e depois, até o 10º min em repouso.

2.8 Coleta e identificação do limiar glicêmico

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 da glicemia sanguínea. O sangue foi imediatamente transferido para o microtúbulos de polietileno com tampa, de 1,5 ml, contendo 50 microlitros (μl) de fluoreto de sódio (1%), e acondicionado para posterior análise.

Durante o exercício também houve coleta de sangue do lóbulo da orelha (amostras de $25\mu\text{l}$) entre cada estágio, realizadas o mais rápido possível. O participante saltava da esteira nos 20 segundos finais do estágio e logo após a coleta, ele retornava. Posteriormente foram analisadas para os valores de glicemia ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) coletados (Gaskill et al., 2001). Foi utilizado o equipamento de dosagem de lactato e glicemia YSI 2300 STAT plus (Ohio, USA). As amostras de sangue foram armazenadas sob refrigeração (-80°) para análise em conjunto. O critério para determinar em qual estágio ocorreu o limiar glicêmico, foi o menor valor de glicose, antes de um aumento abrupto (Simões, Grubert Campbell, Kokubun, Denadai, & Baldissera, 1999).

2.9 Coleta e identificação do limiar 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). As amostras de sangue foram armazenadas sob refrigeração para análise em conjunto. Os limiar de lactato foram identificados de 3 formas distintas: a) Visual: o LL2v foi por meio do menor ponto onde demarcou o segundo ponto de quebra de linearidade e acúmulo

exponencial do lactato (Kindermann et al., 1979; Pires, Silva, Gagliardi, Barros, & Kiss, 2006); b) Bi-segmentado: no qual através da inspeção visual foram criadas linhas de tendência, demarcando dois pontos de quebra de linearidade na curva de lactato para o segundo limiar (LL2bi) (Higa et al., 2007)(Higa et al., 2007); c) Concentração fixa: o LL2 também foi identificado por interpolação da velocidade utilizando valores de 3,5 mM para o Limiar de Lactato 2 (LL2f) (Heck et al., 1985; Kindermann et al., 1979; Pires et al., 2006)

2.10 Coleta e identificação do limiar de variabilidade da frequência cardíaca

Foi utilizado um transmissor cardíaco da marca Polar (H7), conectado via bluetooth com um smartphone para coleta da variabilidade da frequência cardíaca (FC), batimento-a-batimento (intervalos R-R). Cada estágio descrito no teste escalonando foi registrado no aplicativo Elite HRV (Elite HRV, Asheville-NC) (Perrotta, Jeklin, Hives, Meanwell, & Warburton, 2017) e editado no Programa Kubios HRV Standard 3.0 (Tarvainen, Niskanen, Lipponen, Ranta-aho, & Karjalainen, 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 variabilidade da FC. A filtragem dos dados foi realizada no programa Kubios quando houve demonstrações de interferência nos dados. 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 através de duas formas:

1. SD1 e SD2: O LVFC foi identificado por meio da variável SD2, por meio da quebra de linearidade após início de estabilização ao final do teste.

2. RMSSD: Para o LVFC, RMSSD foi utilizado o ponto de quebra que representa o início de um aumento substancial no RMSSD, após ter atingido um valor mínimo (Mankowski et al., 2017)

2.11 Procedimentos estatísticos

Inicialmente as variáveis coletadas foram submetidas ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov. Para comparar os métodos de identificação do LVFC com o LG foi utilizado o teste “t” Student pareado. A reprodutibilidade, confiabilidade, precisão foram compreendidas pelos testes de coeficiente de correlação intraclasse (ICC), erro típico (ET) e coeficiente de variação (CV). Para ICC, valores <0,5 são indicativos de baixa confiabilidade, 0,5 – 0,75 moderada, 0,75 – 0,90 boa e >0,90 ótima confiabilidade (Koo & Li, 2016) Para apresentarem uma boa reprodutibilidade e confiabilidade, os valores de ET e CV devem estar abaixo do ponto de corte, 10% e 20%, respectivamente. A técnica de Bland Altman foi utilizada para analisar a concordância entre os métodos.

3. Resultados

As características da amostra são apresentadas na tabela 1, como observado os jovens apresentaram IMC de acordo com os critérios de normalidade estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (Organization, 1995) e o e %G de acordo com Jackson e Pollock (Jackson & Pollock, 1978). Valores máximos de variáveis fisiológicas referentes ao teste escalonado são descritos na Tabela 1, onde, observa-se o cumprimento dos critérios para se considerar o teste máximo, no que tange a FC_{máx} e lactato sanguíneo (Howley et al., 1995).

[INSERIR TABELA 1 AQUI]

Na Tabela 2 não foram encontradas diferenças estatísticas entre os métodos LG vs. LL e LG vs. LVFC para as variáveis: velocidade, VO₂, %VO₂, FC, %FC, lactato, glicose e RER ($p>0,05$). Isso demonstra que entre os métodos não se identificou um erro sistemático.

[INSERIR TABELA 2 AQUI]

Na Tabela 3, a exatidão do LG é testada, tendo como referência o LL. O LG apresenta confiabilidade moderada (ICC) para as variáveis glicose e VO₂ e boa confiabilidade para FC. Além disso, boa reprodutibilidade para glicose, VO₂ e FC, interpretada através de valores aceitos na análise de ET e CV para glicose, VO₂ e FC.

LG e LVFC também foram comparados, e exibiram valores de erro típico (ET), coeficiente de correlação intraclasse (ICC) e coeficiente de variação (CV), favoráveis apenas para variável FC, que apresentou confiabilidade moderada, boa reprodutibilidade e precisão (Tabela 3). Contudo a velocidade e o VO₂ apresentaram CV aceitável e a glicose, concordância moderada, na comparação dos dois métodos.

[INSERIR TABELA 3 AQUI]

A técnica de Bland Altman foi utilizada para analisar a concordância entre os métodos. Entre LG e LL (Figuras 2 a 4), todas as variáveis analisadas obtiveram valor de diferença das médias próximo a zero e pouca dispersão. Já na comparação do LG e LVFC (Figuras 5 a 7), FC (Figura 5) obteve pouca dispersão, e todas as variáveis obtiveram valor de diferença das médias próximo a zero .

[INSERIR FIGURAS 2, 3, 4, 5, 6 e 7 AQUI]

4. Discussão

O presente estudo confirma a hipótese de que há boa concordância do LG e LL, especificamente para os parâmetros de FC, glicose e VO₂, que foram confirmados pela análise de Bland-Altman, coeficiente de variação, erro típico e ICC. Esse achado se destaca pelo fato de viabilizar a utilização do LG de maneira intercambiável ao LL, para identificação do limiar anaeróbio.

O limiar de lactato é um dos métodos mais utilizados para identificação do LA porém, para identificá-lo, há demanda de equipamentos de custo elevado (analisador de lactato laboratorial). Também é possível utilizar equipamento portátil, contudo o custo é superior quando comparado ao glicosímetro portátil de farmácia. Já o método do LG, demonstra ser um teste mais rápido, custo mais baixo e acessível para os profissionais que desejam aplicá-lo (Motoyama et al., 2014).

Algumas investigações já observaram semelhança entre o comportamento da glicose e do lactato em intensidades de esforço do LA (Simões et al., 1999), como também, observaram alguma semelhança entre os métodos de identificação do LA (Motoyama et al., 2014; Sotero, Pardono, Landwehr, Campbell, & Simoes, 2009). Contudo, o atual estudo apresenta análises estatísticas mais específicas para atestar confiabilidade e exatidão entre os métodos. Portanto, mesmo com uma análise estatística mais rigorosa, as duas comparações deste estudo, demonstram semelhança nos valores das variáveis glicose, VO₂ e principalmente a FC, que é um importante parâmetro para prescrição do exercício (Weatherwax et al., 2016).

Analisando em conjunto, esses resultados demonstram que é possível identificar o LA através do LG, sendo este, o mais acessível e de baixo custo, quando comparado ao LL. Além disso, ao atestar a confiabilidade da FC identificada pelo LG, comparada ao método tradicional, torna o recurso ainda mais viável para controlar as intensidades durante um treinamento.

Sabe-se que, a prescrição baseada nos limiares metabólicos e individualizada, ou seja, utilizando os limiares para determinar zonas de treinamento, obtém-se melhores resultados na aptidão cardiorrespiratória (Weatherwax, Harris, Kilding, & Dalleck, 2019). Além disso, a literatura indica que intensidades a 85% da FC máxima estão próximas ao LA e percentuais menores ficam bem abaixo dessa zona (Faude, Kindermann, & Meyer, 2009). No presente estudo, os valores médios de FC foram de 89,8% da FC_{máx} para o LG e 88,8% da FC_{máx} para LL, o que mostra a necessidade de individualizar a prescrição, visto que os percentuais da FC foram superiores ao preconizados anteriormente (Meyer, Gabriel, & Kindermann, 1999). Esse achado contribui para reforçar a semelhança entre os dois métodos correspondentes ao LA. Isso possibilita o uso do LG para utilização profissional na prática para identificar o limiar, assim como, controlar intensidades do exercício. Estudos que realizaram a prescrição individualizada, observaram evolução na amostra estudada, em adultos sedentários (Peric et al., 2018; Weatherwax et al., 2019) e atletas (Weltman et al., 1990).

Outro objetivo desse estudo foi testar se o LG apresentava concordância com o LVFC, em uma tentativa de esclarecer se os mecanismos que os inter-relacionam, são observados na prática de identificação dos LA. Alguns eventos fisiológicos podem explicar a proximidade do LG e LL, uma vez que há relação entre o aumento da glicose plasmática e o acúmulo de lactato no exercício intenso. Em intensidades de exercício correspondente ao LA, a concentração de catecolaminas plasmática é elevada, esses sinalizadores, que agem concomitantemente como neurotransmissores e hormônios têm ação hiperglicemiantes, que realizam a quebra do glicogênio hepático (glicogenólise), e estimulam a gliconeogênese a partir do lactato, alanina e glicerol, aumentando os níveis de glicose sanguínea (Powers & Howley, 2017). Além disso, os altos níveis de catecolaminas inibem a liberação de insulina o que também colabora para o efeito hiperglicemiante (Powers & Howley, 2017).

Além disso, o aumento do lactato no sangue, funciona como um estímulo para a retroalimentação dos metaborreceptores periféricos, para estimular a ação do centro de controle cardiovascular, aumentando ainda mais o estímulo do sistema nervoso simpático, o que impacta em aumentos adicionais na atividade cardíaca. Desta forma, é possível observar que a concordância observada no presente estudo, entre o LVFC, que é um indicador de balanço autonômico, e o LG, tem explicações fisiológicas, e reforça o uso do LG para a prescrição da intensidade do exercício.

5. Conclusão

Conclui-se que os métodos de LG e LL apresentam concordância para identificação do limiar anaeróbio. A concordância do LG com o LL é reforçada pelos mecanismos que os relacionam, quando se observa a confiabilidade entre o LG e o LVFC. Portanto, o LG, utilizando a variável FC, proporciona uma opção em substituição ao método tradicional do LL, e uma boa medida para controlar intensidades em jovens adultos fisicamente ativos.

6. **Referências**Azevedo, P. H. S. M., Garcia, A., Duarte, J. M. P., Rissato, G. M., Carrara, V. K. P., & Marson, R. A. (2009). Limiar Anaeróbio e Bioenergética: uma abordagem didática e integrada. *Revista Da Educação Física/UEM*, 20(3), 453–464. <https://doi.org/10.4025/reveducfis.v20i3.4743>
- Beaver, W. L., Wasserman, K., & Whipp, B. J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of Applied Physiology*, 121(6), 2020–2027. <https://doi.org/10.1152/jappl.1986.60.6.2020>
- Billat, V., Sirvent, P., Lepretre, P. M., & Koralsztein, J. P. (2004). 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*, 447(6), 875–883. <https://doi.org/10.1007/s00424-003-1215-8>
- Chmura, J., Nazar, K., & Kaciuba-Uscilko, H. (1994). Choice reaction time during graded exercise in relation to blood lactate and plasma catecholamine thresholds. *International Journal of Sports Medicine*, 15(4), 172–176. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021042>
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(6), 469–490. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939060-00003>
- Gaskill, S. E., Ruby, B. C., Walker, A. V. A. J., Sanchez, O. A., Serfass, R. C., & Leon, A. S. (2001). Validity and reliability of combining three. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(11), 1841–1848.
- Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mücke, S., Müller, R., & Hollmann, W. (1985). Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine*, 6(3), 117–130. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1025824>
- Higa, M. N., Silva, E., Neves, V. F. C., Catai, A. M., Gallo, L., & Silva de Sá, M. F. (2007). Comparison of anaerobic threshold determined by visual and mathematical methods in healthy women. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 40(4), 501–508. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2007000400008>
- Howley, E. T., Bassett, D. R., & Welch, H. G. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 27, p. 1292–1301. <https://doi.org/10.1249/00005768-199509000-00009>

- Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40(3), 497–504. <https://doi.org/10.1079/bjn19780152>
- Kindermann, W., Simon, G., & Keul, J. (1979). The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 42(1), 25–34. <https://doi.org/10.1007/BF00421101>
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Lima, J. R. P., & Kiss, M. A. P. D. (1998). Heart Rate Variability Threshold. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 30, p. 250. <https://doi.org/10.1097/00005768-199805001-01423>
- Mankowski, R. T., Michael, S., Rozenberg, R., Stokla, S., Stam, H. J., & Praet, S. F. E. (2017). Heart-rate variability threshold as an alternative for spiro-ergometry testing: A validation study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(2), 474–479. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001502>
- Meyer, T., Gabriel, H. H. W., & Kindermann, W. (1999). Is determination of exercise intensities as percentages of VO₂max or HRmax adequate? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31 (9)(September), 1342–1345. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/232093730_Is_determination_of_exercise_intensities_as_percentages_of_VO2max_or_HRmax_adequate
- Motoyama, Y. L., Pereira, P. E. de A., Esteves, G. D. J., Duarte, J. M. P., Carrara, V. K. P., Rissato, G. M., & Azevedo, P. H. S. M. (2014). Métodos alternativos para estimar a velocidade da máxima fase estável de lactato em adultos jovens fisicamente ativos. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 16(4), 419. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2014v16n4p419>
- Okano, A. H., Altimari, L. R., Simões, H. G., De Moraes, A. C., Nakamura, F. Y., Cyrino, E. S., & Burini, R. C. (2006). Comparação entre limiar anaeróbio determinado por variáveis ventilatórias e pela resposta do lactato sanguíneo em ciclistas. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 12(1), 39–44. <https://doi.org/10.1590/s1517-86922006000100008>

- Organization, W. H. (1995). *WHO - 1995.pdf* (p. 854). p. 854. Geneva: World Health Organization.
- Peric, R., Drobnic, F. M., & Baker, J. S. (2018). Feasibility of individualized aerobic threshold-based exercise on ventilatory efficiency in sedentary adult asthma patients. *Minerva Pneumologica*, *57*(4), 92–98. <https://doi.org/10.23736/S0026-4954.18.01829-1>
- Perrotta, A. S., Jeklin, A. T., Hives, B. A., Meanwell, L. E., & Warburton, D. E. R. (2017). Validity of the Elite HRV Smartphone Application for Examining Heart Rate Variability in a Field-Based Setting. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(8), 2296–2302. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001841>
- Pires, F. D. O., Silva, A. E. L., Gagliardi, J. F. L., Barros, R. V., & Kiss, M. A. P. D. M. (2006). Caracterização da curva do lactato sanguíneo e aplicabilidade do modelo Dmax durante protocolo progressivo em esteira rolante. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, *12*(2), 71–75. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922006000200003>
- Powers, S. K., & Howley, E. T. (2017). *Fisiologia do Exercício: Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho* (9th ed.). São Paulo: Manole.
- Simões, H. G., Grubert Campbell, C. S., Kokubun, E., Denadai, B. S., & Baldissera, V. (1999). Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *80*(1), 34–40. <https://doi.org/10.1007/s004210050555>
- Simões, H. G., Silvia, C., Campbell, G., & Kokubun, E. (1998). *DETERMINAÇÃO DO LIMAR ANAERÓBIO PORMEIO DE DOSAGENS GLICÊMICAS E LACTACIDÊMICAS EM TESTES DE PISTA PARA CORREDORES*. *12*(1), 17–30.
- Sotero, R. C., Pardono, E., Landwehr, R., Campbell, C. S. G., & Simoes, H. G. (2009). Blood glucose minimum predicts maximal lactate steady state on running. *International Journal of Sports Medicine*, *30*(9), 643–646. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1220729>
- Tarvainen, M. P., Niskanen, J. P., Lipponen, J. A., Ranta-aho, P. O., & Karjalainen, P. A. (2014). Kubios HRV - Heart rate variability analysis software. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, *113*(1), 210–220. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.07.024>

- Wasserman, K., Hansen, J. E., Sue, D. Y., Casaburi, R., & Whipp, B. J. (2005). *Prova de Esforço: Princípios e Interpretação* (3rd ed.). Rio de Janeiro, RJ: Revinter.
- Weatherwax, R. M., Harris, N. K., Kilding, A. E., & Dalleck, L. C. (2016). The incidence of training responsiveness to cardiorespiratory fitness and cardiometabolic measurements following individualized and standardized exercise prescription: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13063-016-1735-0>
- Weatherwax, R. M., Harris, N. K., Kilding, A. E., & Dalleck, L. C. (2019). Incidence of VO₂max Responders to Personalized versus Standardized Exercise Prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(4), 681–691. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001842>
- Weltman, A., Snead, D., Seip, R., Schurrer, R., Weltman, J., Rutt, R., & Rogol, A. (1990). Percentages of maximal heart rate, heart rate reserve and VO₂ max for determining endurance training intensity in male runners. *International Journal of Sports Medicine*, 11(3), 218–222. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1024795>

7. Tabelas

Tabela 1- Caracterização dos sujeitos e respostas ao teste cardiopulmonar máximo

Etária, antropométrica e composição corporal	Média ± DP
Idade (anos)	22 ± 2
Massa (kg)	73,6 ± 8,8
Estatura (cm)	176 ± 7
Gordura (%)	9,0 ± 3,7
IMC (m.kg-2)	23,8 ± 2,6
Teste cardiopulmonar escalonado	Média ± DP
Velocidade máx (km.h-1)	13,4 ± 1,2
FCmáx medida (bpm)	194 ± 8
FCmáx predita (%)	97,9 ± 3,9
VO₂máx (ml.kg-1.min-1)	47,7 ± 4,6
VO₂máx (L.min-1)	3,5 ± 0,4
RERpico	1,02 ± 0,09
[La]pico pós teste (mmol.L-1)	10,54 ± 2,06

Valores de média ± DP, Desvio padrão (DP), Índice de Massa Corporal (IMC), Intervalo R-R de repouso (RR), razão de troca respiratória (RER), Lactato ([La]).

Tabela 2 - Comparação entre os métodos de identificação do LG, LL e LVFC

Variáveis	LG	LL	LVFC
	MÉDIA ± DP	MÉDIA ± DP	MÉDIA ± DP
Velocidade (km.h⁻¹)	11,1 ± 1,7	10,7 ± 1,0	10,8 ± 1,2
Lactato (mmol. L⁻¹)	4,89 ± 2,43	4,09 ± 1,49	4,15 ± 1,28
Glicose (mg.dL⁻¹)	65,2 ± 12,2	67,59 ± 11,97	68,2 ± 11,8
VO₂ (ml.kg⁻¹.min⁻¹)	40,6 ± 5,6	39,5 ± 3,7	39,6 ± 3,9
VO₂ (%)	85,3 ± 10,8	82,9 ± 5,8	83,6 ± 6,3
RER	0,94 ± 0,07	0,9 ± 0,1	0,92 ± 0,07
FC (bpm)	177 ± 16	175 ± 13	175 ± 11
FC (%)	89,8 ± 6,5	88,8 ± 3,8	89,5 ± 3,4

Diferença significativa ($p < 0,05$). Valores de média ± DP, Desvio padrão (DP). Os dados foram comparados usando *test t pareado*. Limiar glicêmico (LG), Limiar de lactato (LL), Limiar de variabilidade da frequência cardíaca (LVFC), Consumo de oxigênio relativo e absoluto (VO₂), Troca respiratória (RER), Frequência cardíaca (FC).

Tabela 3 - Erro Típico (ET), Coeficiente de Variação (CV) e Coeficiente de correlação intraclasse (ICC) entre os métodos de LG vs. LL e LG vs. LVFC

Variáveis	LG vs. LL		
	ET (%)	CV (%)	ICC
Velocidade (km.h-1)	1,2 (10,9)	15,5	0,46
Glicose (mg.dL-1)	5,74 (8,5)	12,0	0,57*
VO ₂ (ml.kg-1.min-1)	3,76 (9,4)	13,3	0,55*
FC (bpm)	8,2 (4,7)	6,6	0,80**
Lactato (mmol.L-1)	2,03 (45,5)	64,4	0,02
	LG vs. LVFC		
	ET (%)	CV (%)	ICC
Velocidade (km.h-1)	1,4 (12,7)	18,0	0,20
Glicose (mg.dL-1)	9,48 (14,2)	20,1	0,55*
VO ₂ (ml.kg-1.min-1)	4,63 (11,5)	16,3	0,17
FC (bpm)	10,4 (5,9)	8,4	0,60**
Lactato (mmol.L-1)	2,03 (44,6)	63,0	-0,14

Limiar glicêmico (LG), Limiar Lactato (LL), consumo de oxigênio relativo e absoluto (VO₂), Frequência cardíaca (FC). *p < 0,05; e **p < 0,01 para ICC.

8. Figuras

Figura 1 – Fluxograma da pesquisa. Frequência cardíaca (FC)

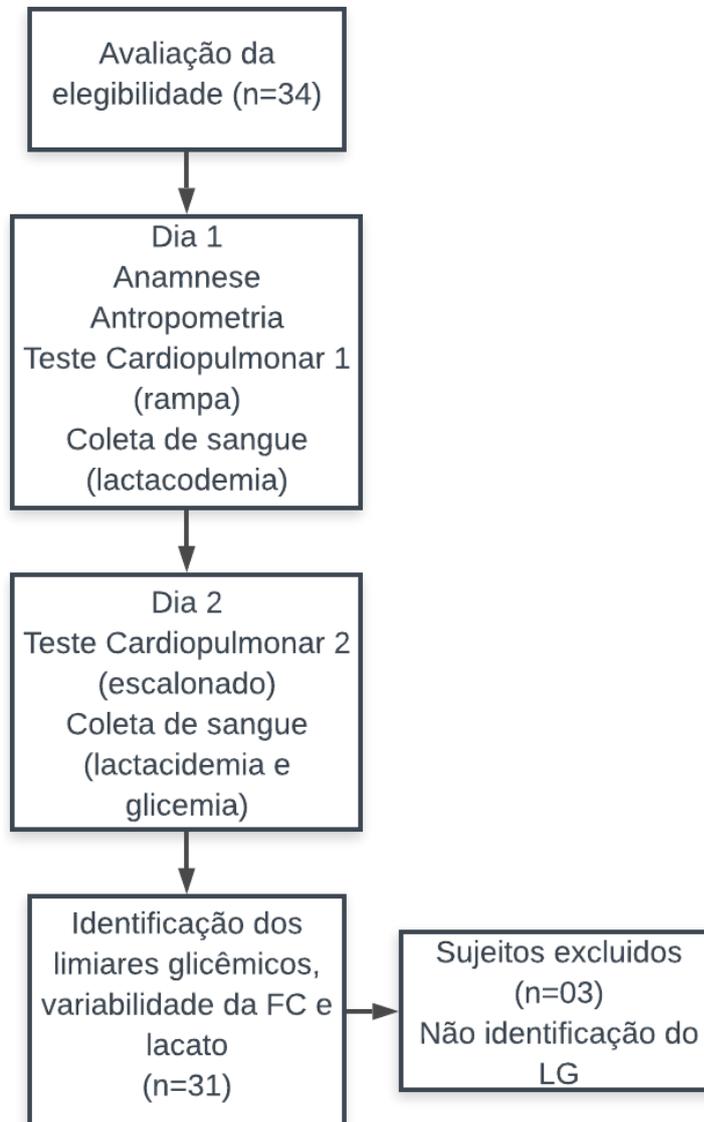


Figura 2 – Limites de concordância entre os métodos de identificação LG e LL para Frequência Cardíaca (FC)

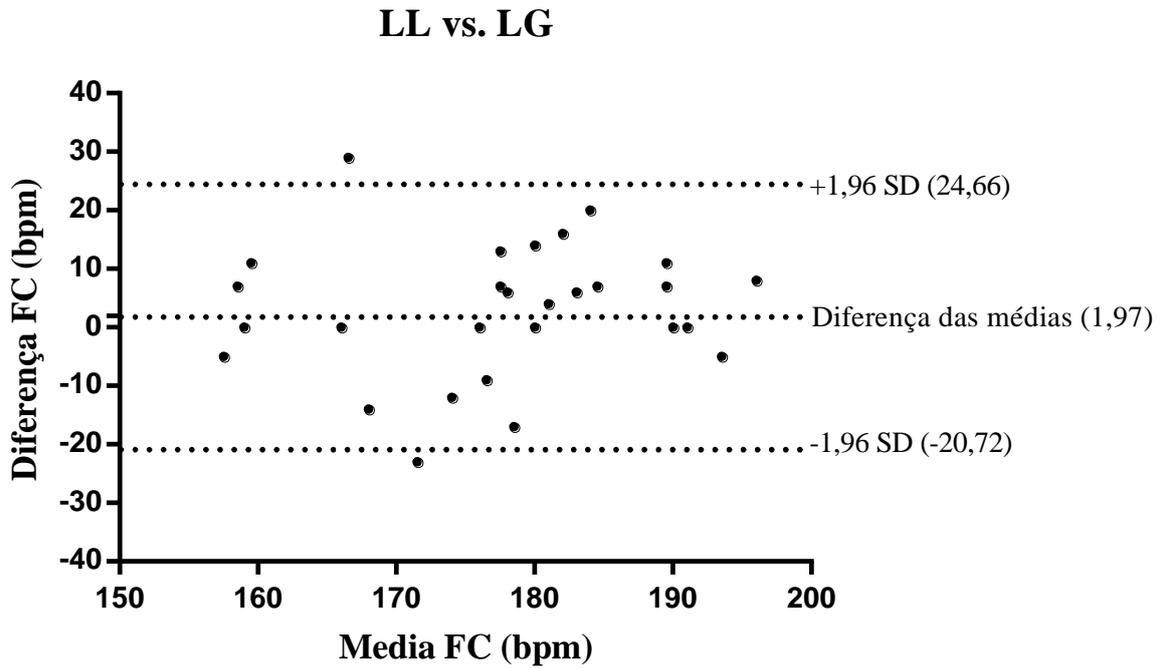


Figura 3 – Limites de concordância entre os métodos de identificação LG e LL para Consumo Máximo de Oxigênio (VO_2).

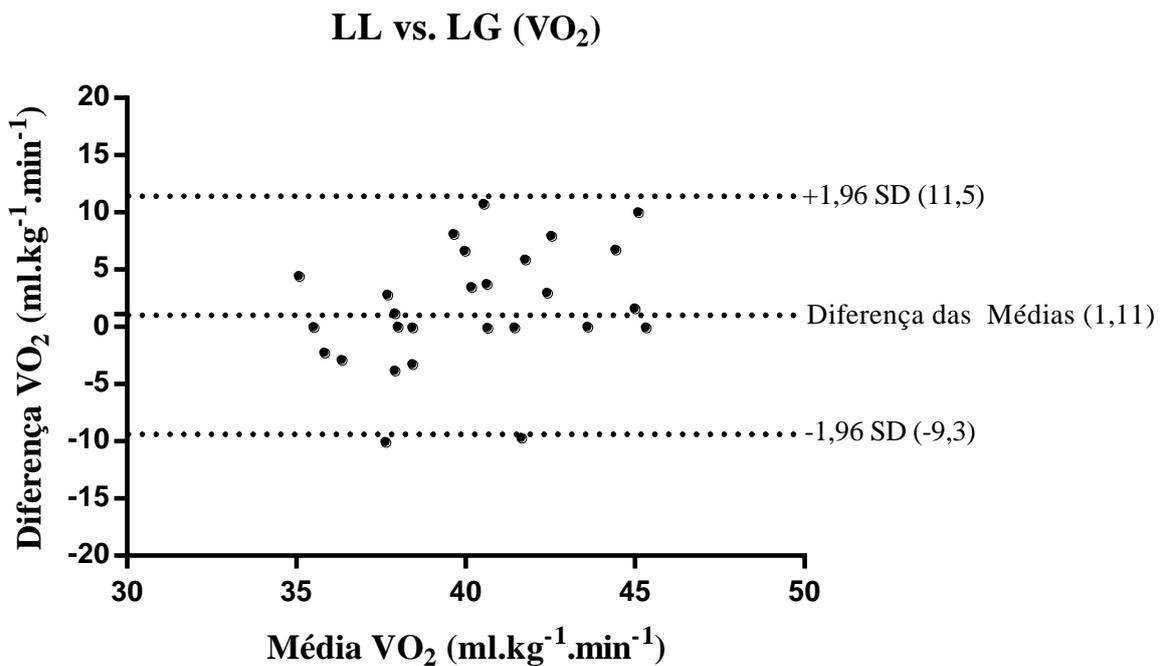


Figura 4 – Limites de concordância entre os métodos de identificação LG e LL para Velocidade

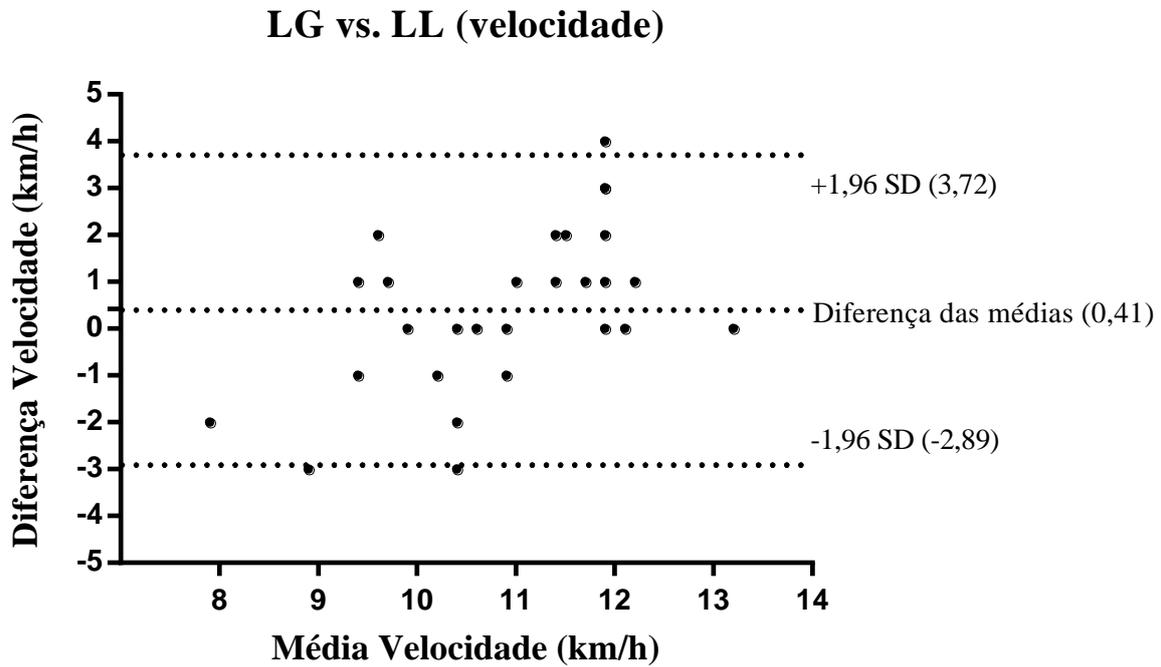


Figura 5 – Limites de concordância entre os métodos de identificação LG e LVFC para FC

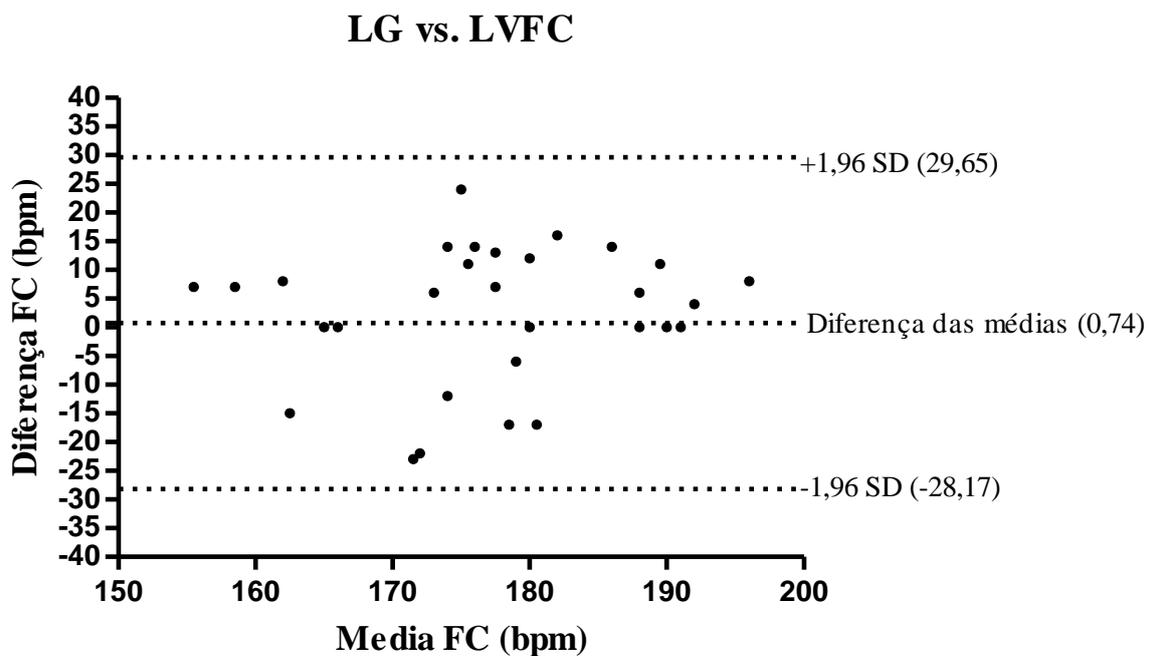


Figura 6 – Limites de concordância entre os métodos de identificação LG e LVFC para Velocidade

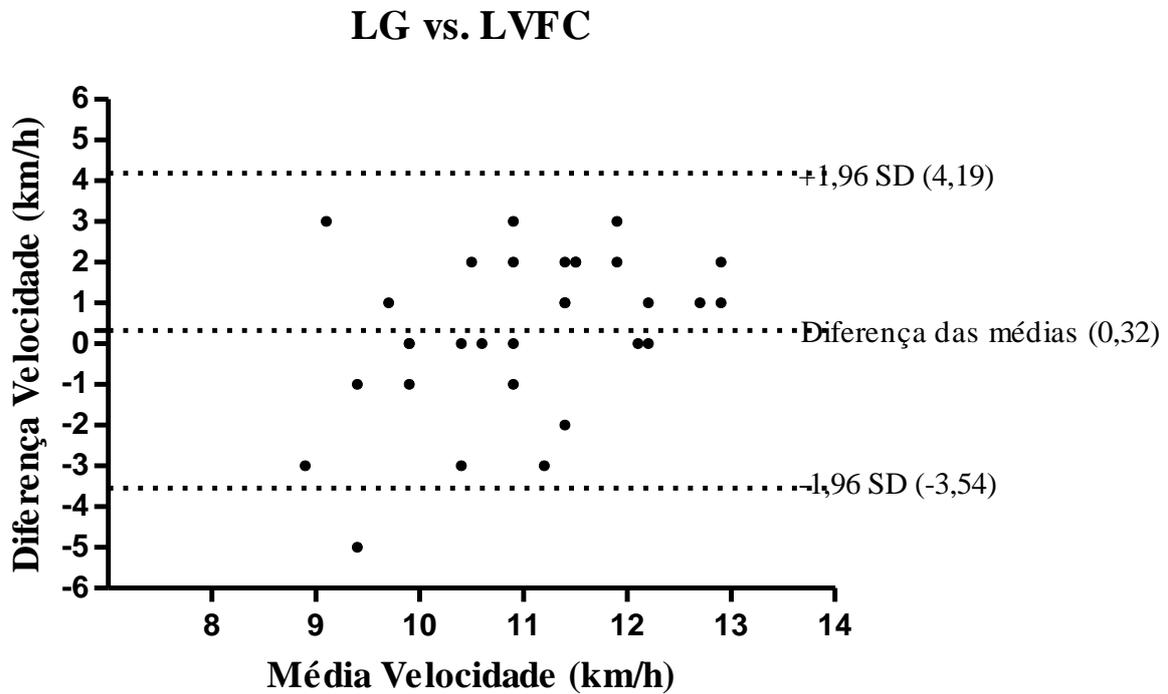
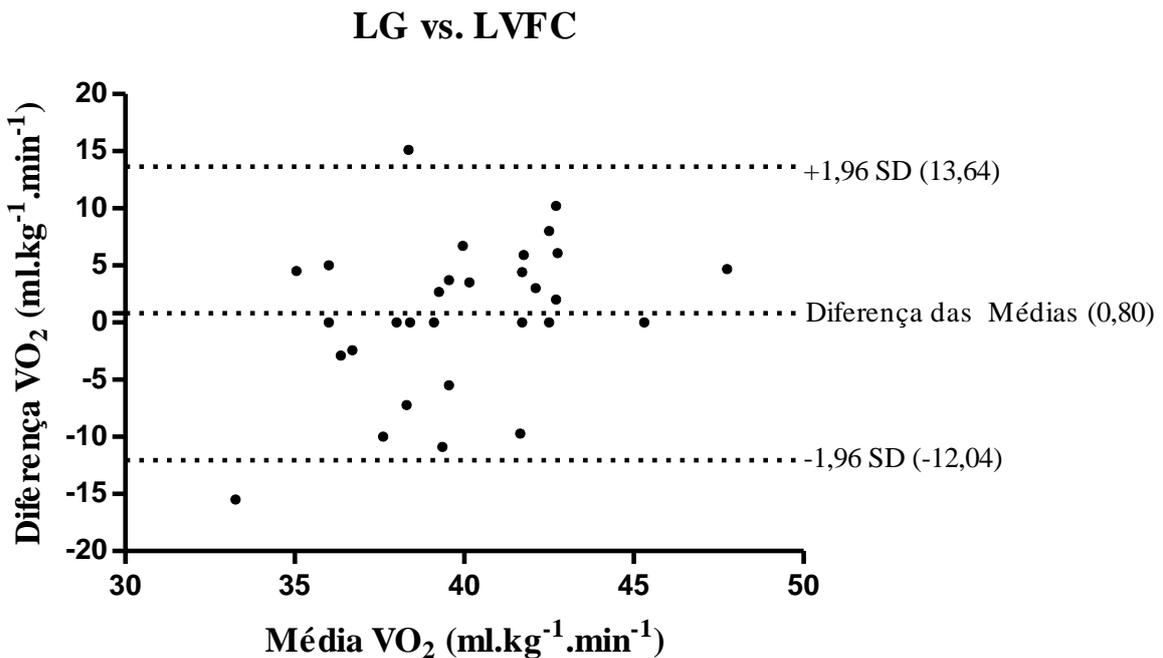


Figura 7 – Limites de concordância entre os métodos de identificação LG e LVFC para consumo máximo de oxigênio (VO₂)



IGOR ZIVIANI ARAUJO

**VALIDADE DO LIMIAR GLICÊMICO PARA IDENTIFICAÇÃO DO LIMIAR
ANAERÓBIO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Educação Física - Bacharelado, do Centro de Educação Física e Desportos (CEFD), como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Educação Física.

Aprovado em 29/11/2019

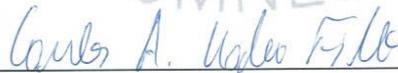
BANCA EXAMINADORA



Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luciana Carletti



Prof^a Ms Leticia Nascimento Santos Neves



Prof. Dr. Carlos Augusto Kalva Filho

Universidade Federal do Espírito Santo
Centro de Educação Física e Desportos
Av. Fernando Ferrari, 514 - Campus Universitário - Goiabeiras
Vitória/ES
Cep. 29075-910