

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA
ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO

Laissa de Sousa Saldanha

**Estimativa do VO_2 máximo através do *20m multistage*
fitness test em adolescentes e jovens adultos, com
condução luminosa da velocidade de corrida: um
estudo de validação criterial.**

Dissertação de mestrado apresentada à Escola Superior de Educação do Instituto
Politécnico de Bragança com vista à obtenção do grau de Mestre em Exercício e Saúde

Orientado por
Vitor Pires Lopes

Bragança, abril de 2023

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA
ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO

Laissa de Sousa Saldanha

Estimativa do VO_2 máximo através do *20m multistage fitness test* em adolescentes e jovens adultos, com condução luminosa da velocidade de corrida: um estudo de validação criterial.

Dissertação de mestrado apresentada à Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Bragança com vista à obtenção do grau de Mestre em Exercício e Saúde

Orientado por
Vitor Pires Lopes

Bragança, abril de 2023

Ficha de catalogação

Saldanha, L. (2023). Estimativa do VO₂ máximo através do *20m multistage fitness test* em adolescentes e jovens adultos, com condução luminosa da velocidade de corrida: um estudo de validação criterial. Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Bragança.

Bragança, Portugal, abril de 2023.

Palavras-chave: Saúde cardiovascular; avaliação cardiovascular; *multistage fitness test*; validação criterial; condução luminosa.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto TECH – Tecnologia, Ambiente, Criatividade e Saúde, Norte – 01-0145-FEDER-000043, cofinanciado pelo Programa Operacional Regional do Norte (NORTE 2020), através do Portugal 2020 e do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER).

Trilhar este caminho só foi possível com o apoio, energia e dedicação de várias pessoas, a quem dedico especialmente este projeto. Em primeiro lugar, à minha mãe, a minha maior incentivadora e o meu maior exemplo. Agradeço por todo amor e cuidado investidos em minha trajetória. Agradeço ao meu irmão Guthierre e ao meu pai, que sempre se fizeram presentes mesmo com a distância física. Ao meu sacerdote Klaus, obrigada por abençoar o meu caminho com a luz dos Deuses. Às minhas irmãs de coração, Rayana e Rayonara, abraçar vocês em Lisboa, foi como ver um arco-íris depois da tempestade. Aos meus padrinhos de coração, Celene e Assis, muito obrigada.

Agradeço em especial ao meu professor e orientador: Doutor Vitor Lopes, por ter me dado oportunidades e ensinamentos. Por fim, aos amigos e professores que fiz durante esta trajetória, estarão sempre em minhas lembranças de afeto.

ÍNDICE

1. Introdução	1
2. Materiais e métodos	7
2.1. Amostra	7
2.2. Procedimentos de recolha de dados	8
2.3. Avaliação direta do consumo de O₂ – através do Fitmate Pro	8
2.4. 20 m multistage fitness test – com condução sonora da velocidade de corrida.....	9
2.5. 20m multistage fitness test - com condução luminosa da velocidade de corrida, utilizando o PACETECH.....	11
2.6. Análise estatística	13
3. Resultados	15
4. Discussão	29
5. Conclusão	33
Bibliografia.....	34
Anexo A	40
Anexo B Pedido de autorização/Consentimento informado	41

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens das técnicas de avaliação do VO ₂ máx, através de técnicas diretas e indiretas de avaliação	6
Tabela 2 – Características da amostra.....	7
Tabela 3 – Estatística descritiva (mediana, intervalo interquartil, média e desvio-padrão) para o VO ₂ máx determinado nos três procedimentos de avaliação e distância percorrida nos dois testes de terreno, para a totalidade da amostra.....	15
Tabela 4 – Estatística descritiva (mediana, intervalo interquartil, média e desvio-padrão) para o VO ₂ máx determinado nos três procedimentos de avaliação e distância percorrida nos dois testes de terreno, para os dois sexos	17
Tabela 5 – Estatística descritiva (mediana, intervalo interquartil, média e desvio-padrão) para o VO ₂ máx determinado nos três procedimentos de avaliação e distância percorrida nos dois testes de terreno, para os dois grupos etários	19
Tabela 6 – Resultados da análise de Bland-Altman para a concordância (média das diferenças limites de concordância com os respectivos intervalos de confiança a 95%) entre os resultados obtidos (distância percorrida) no <i>20m multistage fitness test</i> com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para a totalidade da amostra	20
Tabela 7 – Resultados da análise de Bland-Altman para a concordância (média das diferenças limites de concordância com os respectivos intervalos de confiança a 95%) entre os resultados obtidos (distância percorrida) no <i>20m multistage fitness test</i> com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para o sexo feminino	22
Tabela 8 – Resultados da análise de Bland-Altman para a concordância (média das diferenças limites de concordância com os respectivos intervalos de confiança a 95%) entre os resultados obtidos (distância percorrida) no <i>20m multistage fitness test</i> com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para o sexo masculino	23

Tabela 9 – Resultados da análise de Bland-Altman para a concordância (média das diferenças limites de concordância com os respectivos intervalos de confiança a 95%) entre os resultados obtidos (distância percorrida) no *20m multistage fitness test* com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para os adolescentes 25

Tabela 10 – Resultados da análise de Bland-Altman para a concordância (média das diferenças limites de concordância com os respectivos intervalos de confiança a 95%) entre os resultados obtidos (distância percorrida) no *20m multistage fitness test* com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para os adultos 26

Tabela 11 – Valores de validade concorrente (coeficiente de correlação de Spearman) dos dois testes de terreno (distância percorrida com condução sonora e condução luminosa) com os resultados da estimativa do $\text{VO}_2\text{máx}$ (ml/kg/min) obtidos pela medição direta do O_2 através do Fitmate Pro e intervalos de confiança a 95% para a diferença entre as correlações, para a totalidade da amostra, por sexo e por grupo etário 28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Máquina portátil Fitmate Pro – Cosmed.	9
Figura 2 – Espaço físico para aplicação do teste	10
Figura 3 – Espaço físico para aplicação do teste	13
Figura 4 – Gráfico de Bland-Altman para a concordância entre os resultados obtidos (distância percorrida) no <i>20m multistage fitness test</i> com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para a totalidade da amostra	20
Figura 5 – Gráfico de Bland-Altman para a concordância entre os resultados obtidos (distância percorrida) no <i>20m multistage fitness test</i> com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para o sexo feminino	21
Figura 6 – Gráfico de Bland-Altman para a concordância entre os resultados obtidos (distância percorrida) no <i>20m multistage fitness test</i> com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para o sexo masculino.....	23
Figura 7 – Gráfico de Bland-Altman para a concordância entre os resultados obtidos (distância percorrida) no <i>20m multistage fitness test</i> com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para os adolescentes.	24
Figura 8 – Gráfico de Bland-Altman para a concordância entre os resultados obtidos (distância percorrida) no <i>20m multistage fitness test</i> com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para os adultos	26

RESUMO

Introdução

Dentre as componentes da aptidão física, a aptidão cardiorrespiratória se destaca como sendo muito relevante, seja em atletas de alto rendimento, dentro das diversas modalidades desportivas, quanto em indivíduos não atletas. A medida padrão de avaliação da aptidão cardiorrespiratória é o consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_2\text{máx}$), normalmente realizada em laboratório. No entanto, avaliar o $\text{VO}_2\text{máx}$ de forma direta demanda custo financeiro alto, pessoal especializado e um tempo excessivo. Vários testes de terreno têm sido desenvolvidos para substituir a avaliação direta do $\text{VO}_2\text{máx}$, dentre eles destaca-se o *20m multistage fitness test*.

Objetivo

O objetivo do presente estudo foi realizar a validação criterial (concorrente e preditiva) do *20m multistage fitness test*, utilizando o procedimento habitual de condução da velocidade de corrida, os “bips” sonoros e a condução luminosa utilizando o PACETECH com a estimativa do $\text{VO}_2\text{máx}$ através da avaliação direta do consumo de O_2 .

Métodos

Participaram do presente estudo, 41 voluntários com idades compreendidas entre 12 e 50 anos, de ambos os sexos, que foram submetidos a realização de três testes para avaliação da potencia aeróbia. No primeiro teste, o $\text{VO}_2\text{máx}$ foi estimado através da avaliação direta do consumo de O_2 , com a máquina Fitmate Pro, em um teste submáximo em tapeterolante. No segundo teste, os avaliados realizaram o teste vaivém tradicional, por “bips” sonoros. No terceiro teste, os avaliados realizaram o teste vaivém com condução luminosa, utilizando o PACETECH. Para a estimativa do $\text{VO}_2\text{máx}$ nas duas situações de terreno, foram utilizadas as equações matemáticas de Léger (17). Os resultados foram analisados para totalidade da amostra, por sexo e por grupo etário. Toda a análise estatística foi realizada com o software estatístico SPSS versão 28.0.

Resultados

Os resultados deste estudo mostram que os valores apresentados relativos à validação concorrente, entre os valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ estimados através da avaliação direta do O_2 e a distância percorrida nos testes de terreno com condução luminosa e com condução sonora, são todas significativas com exceção das obtidas no sexo feminino, quer na condução sonora quer na condução luminosa, e nos adolescentes na condução luminosa. Com a exceção dos valores de correlação obtidos pelos adultos, todos os valores de correlação entre o

VO₂máx e a distância percorrida são superiores no teste com condução sonora, apresentando valores moderados a altos. Os resultados da análise de correlação referentes à totalidade da amostra, indicaram uma correlação moderada para ambos os métodos, condução sonora e luminosa indicando não existir diferenças significativas entre as correlações entre os resultados obtidos nos três testes.

Conclusão

Podemos concluir que não existem diferenças significativas entre as correlações entre os resultados obtidos com o Fitmate Pro e cada uma das duas condições de condução da velocidade de corrida no *20m multistage fitness test*. Indicando um índice de validação concorrente moderado para ambos os métodos, condução sonora e luminosa. Ambos os testes de terreno (com condução sonora e com condução luminosa) apresentaram estimativas superestimadas de VO₂máx comparativamente às avaliações realizadas com o Fitmate Pro. Confirmando a hipótese apresentada neste estudo, independentemente do sexo e da idade, no teste de terreno por condução luminosa os participantes percorreram uma distância superior comparativamente à distância percorrida por condução sonora. Considerando os resultados alcançados neste estudo parece-nos necessário que outras pesquisas sejam realizadas, com objetivo de investigar de forma aprofundada a eficiência do método luminoso.

Palavras-chave: Saúde cardiovascular; avaliação cardiovascular; *multistage fitness test*; validação criterial, condução luminosa.

ABSTRACT

Introduction

Among the several physical fitness components, cardiorespiratory fitness stands out as being very relevant, whether in high-performance athletes, within the various sports modalities, or in non-athletes. Maximum oxygen uptake ($\text{VO}_2\text{máx}$) is the standard measure for assessing cardiorespiratory fitness is, usually performed in a laboratory. However, the direct $\text{VO}_2\text{máx}$ evaluation demands a high financial cost, specialized personnel, and excessive spending time. Several field tests have been developed to replace the direct evaluation of $\text{VO}_2\text{máx}$; among them, the 20m multistage fitness test stands out.

Objective

This study aimed to perform the criteria validation (concurrent and predictive) of the 20m multistage fitness test using the usual procedure of driving the running speed, the audible "beeps" and the light driving using PACETECH with the assessment of O_2 by direct measurement.

Methods

Forty-one volunteers aged 12-50 years old, of both sexes, underwent three aerobic power tests. In the first test, the $\text{VO}_2\text{máx}$ was estimated by directly evaluating O_2 consumption with Fitmate Pro in a submaximal test on a treadmill. In the second test, the participants performed the traditional shuttle test, with beeps. The participants performed the shuttle test with light conduction in the third test, using PACETECH. Léger's mathematical equations were used to estimate the $\text{VO}_2\text{máx}$ in the two terrain test situations (17). The results were analyzed for the whole sample by sex and age group. All statistical analyses were performed with the statistical software SPSS version 28.0.

Results

Our results showed that the concurrent validation outputs between the values of $\text{VO}_2\text{máx}$ obtained by Fitmate Pro and the distance traveled in the field tests with light conduction and with sound conduction, were all significant, except in females in sound and in light conduction, and adolescents in light conduction. All the correlation values between $\text{VO}_2\text{máx}$ and distance traveled are higher in the test with sound conduction,

presenting moderate to high values, excepting for the adult's results. The results of the correlation analysis for the entire sample indicated a moderate correlation for both methods, sound and light conduction, indicating no significant differences between the correlations between the results obtained in the three tests.

Conclusion

We can conclude that there were no significant differences between the correlations between the results obtained with Fitmate Pro and each of the two driving conditions of running speed in the 20m multistage fitness test. In addition, our results indicate a moderate concurrent validation index for both sound and light driving methods. Both field tests showed overestimated $VO_{2\text{máx}}$ estimates compared to the assessments performed with the Fitmate Pro. The study's hypothesis was confirmed when the participants walked a higher distance in the light-driven test than in the sound-driven test method. Considering the study results, further research is required to investigate the luminous method's efficiency.

Keywords: Cardiovascular health; cardiovascular assessment; multistage fitness test; criterial validation, light conduction.

Lista de abreviaturas

ApRFS - Aptidão física relacionada com a saúde

ACSM - American College of Sports Medicine

AC- Aptidão cardiorrespiratória

CPET - Esforço cardiopulmonar

CO₂ - Dióxido de carbono

DCVs - Doenças cardiovasculares

EC - Economia de corrida

FC – Frequência cardíaca

FC_{máx} - Frequência cardíaca máxima

O₂ - Oxigénio

TE – Teste de terreno

VO₂ - Consumo de oxigénio

VO_{2máx} - Consumo máximo de oxigénio

1. Introdução

Dentre as componentes da aptidão física, a aptidão cardiorrespiratória se destaca como sendo muito relevante, seja em atletas de alto rendimento, dentro das diversas modalidades desportivas, quanto em indivíduos não atletas. Esta importância se deve ao facto de a aptidão cardiorrespiratória estar diretamente relacionada com o desempenho desportivo de forma geral (1), e em particular com a saúde, pois parece estar associada a um menor risco de ocorrência de várias doenças, como a doença coronariana e outras doenças crônicas não transmissíveis, como hipertensão e diabetes tipo II (1), além de estar associada à longevidade (2). De facto, os níveis de aptidão cardiorrespiratória predizem mais adequadamente risco de morte por distúrbios cardiovasculares, comparativamente a fatores de riscos associados, como a obesidade, o tabagismo, a hipertensão arterial, a dislipidemia, a diabetes tipo II, entre outras. A literatura reconhece que um simples aumento na aptidão cardiorrespiratória pode aumentar consideravelmente a probabilidade de sobrevivência (2, 3).

Há estudos científicos que demonstraram que os níveis de aptidão cardiorrespiratória podem ser um indicador de risco independente para doenças cardiovasculares como hipertensão e angina de peito (3). Além da importância comprovada no controlo, surgimento e desenvolvimento destas doenças, bons níveis de aptidão cardiorrespiratória podem amenizar o risco para outras doenças, incluindo diabetes do tipo II (4). Alguns estudos também associaram uma menor aptidão cardiorrespiratória com um aumento no risco para surgimento de alguns tipos de cancros (5). Em um estudo associando níveis de atividade física e cancro de mama em mulheres, demonstrou-se que o risco de morte, prevenção e controlo da doença, formação, crescimento e recorrência do tumor é menor em pessoas que possuem uma maior aptidão cardiorrespiratória (6). Muitos estudos também já demostram fortes indicadores de riscos em crianças e adolescentes (2, 7, 8). Há evidências que mostram que esses fatores de riscos podem ser desencadeados em algum momento já na fase da infância, devido ao número elevado de horas diárias em comportamento sedentário das crianças (4), associados a uma má alimentação (8). Além disso, um estilo de vida sedentário durante a infância se associa com a continuidade do mau hábito durante a vida adulta, assim, atribuindo riscos à saúde da população em diferentes faixas etárias (8). Nesse sentido, nota-se o aumento expressivo das doenças cardiovasculares DCVs, tanto em adultos

quanto em crianças e adolescentes na última década (8). Além do mais, vários estudos têm reportado lesões arterioscleróticas já na fase infantil, mostrando ser um problema de saúde pública com desenvolvimento precoce (7).

A aptidão cardiorrespiratória pode ser definida como capacidade de transporte e uso do oxigênio durante períodos prolongados de exercício físico ou esforço físico extenuante (9). Refletindo a integridade funcional e anatômica de muitos sistemas orgânicos, sobretudo nos sistemas cardiovascular, pulmonar e musculoesquelético, combinada a eficiência associada destes sistemas, no transporte e uso do oxigênio (2). Apesar do seu grau de dependência genética (10), os níveis de atividade física e o exercício físico são os principais fatores externos capazes de aumentar a aptidão cardiorrespiratória (2).

A avaliação da aptidão cardiorrespiratória pode ser uma ferramenta para o rastreio eficiente do risco de doenças cardiovasculares não só em adultos, mas também entre crianças e adolescentes (5). A avaliação da capacidade cardiorrespiratória através do consumo máximo de oxigênio $VO_{2m\acute{a}x}$, tem sido utilizada como forma de avaliação da capacidade de desempenho em crianças e jovens, mas também como forma de avaliar a aptidão relacionada à saúde (11).

A aptidão cardiorrespiratória, tem como medida padrão ou “*gold standard*”, a avaliação do consumo máximo de oxigênio $VO_{2m\acute{a}x}$, através de protocolos de esforço máximo (14). Pode-se dizer que o $VO_{2m\acute{a}x}$ é atingido quando ocorre um fenômeno de planalto no gráfico de consumo de O_2 durante um teste máximo progressivo e que apesar do incremento da carga não se observa mais aumento significativo do O_2 . Na prática, esta ocorrência é normalmente obtida em adultos, mas não em crianças ou adolescentes (15, 16, 17, 18). Num estudo referência sobre o VO_2 em crianças (19), foi observado que em média 50% dos avaliados não conseguiam atingir a estabilização do VO_2 quando submetidas a esforços máximos, levando os autores a sugerirem que critérios como elevados níveis de lactato e exaustão do indivíduo, avaliado subjetivamente, poderiam ser adotados para estimar o $VO_{2m\acute{a}x}$ nesta população. A determinação do $VO_{2m\acute{a}x}$ pode ocorrer ainda, através de protocolos de esforço submáximo com avaliação direta do consumo de O_2 , estimando-se o $VO_{2m\acute{a}x}$ ou de forma indireta (20, 21). Ao ser medido de forma direta, utiliza-se um sistema e que analisa as frações expiradas de oxigênio O_2 e dióxido de carbono CO_2 durante o esforço (22). Contudo o alto custo, mão de obra

especializada e tempo utilizado neste tipo de avaliação têm levado profissionais da área que querem avaliar grandes populações a optar por procedimentos indiretos de avaliação da capacidade aeróbica (23, 24), por causa da simplicidade de sua aplicação e do menor tempo para cada avaliação. Essas estratégias para estimar o $\text{VO}_2\text{máx}$ podem ser realizados de diversas maneiras e com diversos protocolos, em laboratórios ou testes de terreno, que utilizam equações preditivas em testes de esforço máximo e submáximo, baseadas em frequência cardíaca, nível de condicionamento físico, idade, gênero dentre outros fatores (14). Entre os protocolos comumente utilizados em laboratórios para a determinação da capacidade aeróbia em tapete rolante temos os protocolos de Ellestad, Brucee, Balke, Naughton e o de Rampa (25, 26, 27, 28, 29).

Por volta da década de 50 alguns autores (12) demonstraram, pela primeira vez, que a sensibilidade de respostas dinâmicas do VO_2 durante testes de exercício físico incrementais era dependente, ultimamente, das características do avaliado e do protocolo empregado. Estes autores observaram que diferentes aspetos, incluindo incremento e duração de cada patamar, duração total do teste, condicionamento físico e até a dieta do avaliado, poderiam ser capazes de influenciar respostas fisiológicas, como o VO_2 , durante a condução do teste. Desde então, vários autores têm investigado a realização e a eficácia de antigos e novos protocolos capazes de estimar, com precisão o $\text{VO}_2\text{máx}$, considerando-se as diferenças em cada avaliado, e os propósitos para cada teste (13). Entre as fórmulas de predição mais comumente utilizadas para a determinação indireta do VO_2 , destacam-se a proposta pelo *American College Of Sports Medicine* (ACSM), descrita como $\text{VO}_2 = (0,2 \times \text{velocidade}) + (0,9 \times \text{velocidade} \times \text{inclinação}) + 3,5$ - velocidade em mph e inclinação em % (30), que tem sido referência para prescrição e interpretação dos resultados de testes de exercício físico mais utilizado. Uma segunda estratégia para determinação da aptidão física proposta pelos autores (31), foi derivada da meta-análise de 20 estudos sobre determinação direta do consumo de oxigénio em esteira ergométrica no pico do exercício. A equação foi descrita como: MET (equivalente metabólica) = $6 \times \text{índice da frequência cardíaca (IFC)} - 5$, onde $\text{IFC} = \text{FC Máxima} / \text{FC repouso}$. Outra proposta comumente utilizada foi proposta pelos autores na década de 80 (32), que determinaram para a estimativa do VO_2 , o resultado do tempo ou estágio em que o avaliado conseguiu permanecer no teste - como indicativo da velocidade aeróbica máxima. Caso o avaliado tenha menos que 18 anos, a idade e a velocidade aeróbica máxima entram na equação, para pessoas com mais do que 18 anos a velocidade é

suficiente. Para menores de 18 anos, o $\text{VO}_2\text{máx}$ pode ser predito através da velocidade máxima aeróbica de corrida (Velocidade em Km/h) e a idade (Idade em anos arredondados para baixo) por meio da seguinte fórmula: $\text{VO}_2\text{máx} = 31.025 + 3.238 \times (\text{Vel.}) - 3.248 \times (\text{Idad.}) + 0.1536 \times (\text{Vel.}) \times (\text{Idad.})$. Para adultos, a predição do $\text{VO}_2\text{máx}$ pode ser obtida somente através da velocidade máxima aeróbica de corrida (velocidade em Km/h), por meio da seguinte fórmula: $\text{VO}_2\text{máx} = - 27,4 + 6 \times (\text{Vel.})$. A validade para esta equação utilizada em crianças e adolescentes (8 a 19 anos), é de $r = 0,17$ e a fidedignidade de $r = 0,89$. A validade para a equação mantendo constante a idade em 18 anos é $r = 0,90$ e a fidedignidade $r = 0,95$ (24, 33).

Em suma, por mais que os testes laboratoriais possam apresentar grande confiabilidade e validade, eles necessitam de uma equipe multidisciplinar com técnicos treinados para sua realização, bem como apresentam um alto custo operacional e um tempo excessivo por cada participante avaliado na realização do teste, o que inviabiliza, por muitas vezes, sua aplicação (34). Por essas razões, como citado anteriormente, um grande número de testes de terreno é sugerido para avaliar a aptidão aeróbia (32, 35, 36, 37, 38).

Entre os testes de terreno, em um estudo conduzido por Léger e Lambert (32), os autores levaram em consideração que o VO_2 aumenta proporcionalmente com a intensidade da corrida e propuseram um teste indireto de terreno para avaliação do $\text{VO}_2\text{máx}$, conhecido como 20m Shuttle-run test, também denominado de teste aeróbico de corrida vaivém ou yo-yo. Esse teste desenvolvido por Léger e Lambert em 1982, foi criado para avaliar a potência aeróbica máxima de crianças, adultos e atletas. O teste é composto por vários estágios progressivos de corrida vaivém, com intensidade crescente numa distância de 20m entre duas linhas marcadas no chão. Inicia-se com a velocidade de 8,5 Km/h. O avaliado deve correr ao ritmo/velocidade imposto por uma gravação de “bips” sonoros, que devem coincidir com o momento em que o avaliado pisa as linhas no chão. O teste termina quando o avaliado não conseguir acompanhar o ritmo ou quando não atingir, a tempo, a linha por duas vezes consecutivas. A vantagem deste teste é que para sua aplicação são utilizados equipamentos de fácil acesso, um espaço relativamente pequeno e pode-se avaliar um grande grupo de pessoas em simultâneo. Contudo, os participantes poderão demonstrar alguma dificuldade em seguir o ritmo de corrida imposto pelos sinais sonoros, especialmente quando o teste é realizado com grandes

grupos ou se o teste for aplicado em um local ruidoso, o que pode ocasionar influência nos resultados.

Após a publicação desta pesquisa (32), outras pesquisas foram realizadas por Léger e colaboradores com o objetivo de aperfeiçoar este teste e as normas para sua correta utilização (24, 39, 40, 41, 42). Alguns estudos, também já avaliaram a validade do teste para prever o desempenho em provas de corridas (43, 44) e outros diversos estudos, se propuseram a verificar a validade, em diversas faixas etárias (24, 32, 45). Diante das dificuldades que alguns participantes demonstram em seguir o ritmo de corrida através dos “bips”, levantou-se a hipótese de que um sinal luminoso poderia obstar a este problema, pelo que foi desenvolvido um instrumento portátil criada para a avaliação da aptidão física, que contém uma tira de comprimento variável que emite sinais luminosos. Este sinal luminoso é um padrão de luz que, a um ritmo pré-determinado, altera o estado de emissão de luz na sequência da direção da corrida, com objetivo de conseguir determinar o ritmo da corrida do avaliado.

O objetivo do presente estudo foi realizar a validação criterial (concorrente e preditiva) do *20m multistage fitness test*, utilizando o procedimento habitual de condução da velocidade de corrida, os “bips” sonoros e a condução luminosa utilizando o PACETECH com a estimativa do VO_{2max} através da avaliação direta do consumo de O_2 com a máquina Fitmate Pro. Levantamos as hipóteses de que os valores de validação do *20m multistage fitness test* são idênticos nas situações de condução da velocidade de corrida, sonora versus luminosa. Contudo, consideramos a hipótese de que a distância percorrida com condução luminosa será superior à distância percorrida com condução sonora.

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens das técnicas de avaliação do VO₂máx, através de técnicas diretas e indiretas de avaliação.

	Testes diretos	Testes indiretos
Recursos tecnológicos	Os recursos são altos e a execução de cada teste exige maior precisão.	A tecnologia exigida é de patamar menor, o que pode acarretar falha na precisão dos resultados.
Custo	Custo médio á alto. A maioria dos equipamentos não estão disponíveis ao publico em geral.	Custo baixo á médio. A logística dos equipamentos envolvidos nesse tipo de teste facilita o uso pelo público em geral.
Fiabilidade	A fiabilidade é maior nesse tipo de teste. Além de se conseguir mensurar variáveis que não são medidas nos testes indiretos, o fator humano é praticamente nulo.	A fiabilidade pode ser comprometida pelo fator humano. Já que os testes são avaliados manualmente.
Tempo de avaliação	O tempo de avaliação é relativo ao protocolo aplicado, mas em média é necessário um tempo maior.	Neste tipo de teste o tempo também é relativo ao tipo de teste aplicado, mas na maioria do tempo consegue-se economizar mais tempo que os testes diretos, já que o material utilizado é de patamar inferior.

2. Materiais e métodos

2.1. Amostra

Participaram do presente estudo 41 voluntários entre 12 e 50 anos de idade ($20,85 \pm 9,17$ anos), sendo o grupo de adolescentes $n = 29$ e o grupo de adultos $n = 12$, de ambos os sexos, feminino $n = 30$, masculino, $n = 11$, na cidade de Bragança, região norte de Portugal. Estes participantes preencheram os seguintes critérios de inclusão:

- Assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, quando menores de idade assinados pelos responsáveis legais.
- Ser ativo fisicamente.

Critérios de exclusão:

- Ter tido qualquer lesão musculoesquelética nos últimos 6 meses.
- Arritmias cardíacas descontroladas ocasionando sintomas de comprometimento hemodinâmico.
- Desordem não cardíaca aguda que possa afetar o desempenho do esforço ou ser agravada pelo esforço.
- Miocardite ou pericardite aguda.
- Deficiência física que impossibilitaria um desempenho de teste seguro e adequado no momento da avaliação.

Tabela 2 – Características da amostra.

<i>N= 41</i>	(Média $\pm$ DP)
Idade	$20,85 \pm 9,17$
Estatura	$166,73 \pm 9,63$
Peso	$62,40 \pm 15,70$
IMC	$22,22 \pm 3,94$

2.2. Procedimentos de recolha de dados

Antes de participarem nesta investigação, os sujeitos passaram por uma triagem inicial para verificar os critérios de elegibilidade e, após assinatura do termo de consentimento livre e informado, a estes foi esclarecido todos os detalhes da pesquisa. Durante a realização dos testes, dados demográficos e somáticos foram registados para cada participante: data de nascimento, sexo, peso e estatura.

2.3. Avaliação direta do consumo de O₂ – através do Fitmate Pro

Para obviar eventuais riscos para os participantes, o VO₂máx foi estimado através da avaliação direta do consumo de O₂ num teste submáximo. Para o efeito, foi utilizado a Fitmate Pro da Cosmed. Esta máquina possui a mesma precisão dos sistemas convencionais, com sensores de O₂ e CO₂, mas que fornece um processo de teste mais fácil - sem calibração com cilindros de gás e sem aquecimento. Cada dispositivo é equipado com uma bateria recarregável, um grande ecrã LCD e uma impressora embutida que permite o teste ser realizado sem computador ou cabo de alimentação principal. A máquina gerência os resultados dos testes e armazenam informações dentro de sua memória interna. As máscaras de ergo espirometria utilizadas também são da marca Cosmed e foram desenvolvidas para este fim. O consumo de O₂ foi avaliado durante o esforço de corrida em tapete rolante seguindo o protocolo de Ellestad (26) (Anexo A).

Antes da realização de cada teste, o participante recebia instruções sobre o protocolo e todos os patamares envolvidos na realização do mesmo, assim como as medidas e critérios de segurança pré-estabelecidas. Foi realizado um aquecimento prévio no tapete rolante durante três minutos. Como a avaliação foi submáxima o teste era interrompido quando o participante atingia 95% da (FCmáx) ou demonstravam sinais de esforço intenso (hiperventilação, rubor facial, descompasso de passadas, transpiração excessiva) (46, 47, 48). Todos os sujeitos apresentaram pelo menos um dos critérios estabelecidos.

O $\text{VO}_2\text{máx}$ de cada participante foi estimado ao final do protocolo a partir dos dados obtidos a cada patamar, utilizando a frequência cardíaca (bpm) e o VO_2 relativo (ml/kg/min) participante, estimando para a (FCmáx). A (FCmáx) foi estimada através da fórmula: $\text{FCmáx} = 208,609 - 0,716 \cdot \text{Idade}$ para o sexo masculino e $\text{FCmáx} = 209,273 - 0,80 \cdot \text{Idade}$, para o sexo feminino (25).



Figura 1 – Máquina portátil Fitmate Pro – Cosmed.

2.4. 20m multistage fitness test – com condução sonora da velocidade de corrida.

O *20m multistage fitness test* é um teste de corrida vaivém que consiste na execução do maior número possível de percursos realizados numa distância de 20 metros a uma cadência pré-determinada. Os testes foram realizados em uma quadra desportiva e os equipamentos utilizados foram: cones e fita métrica para delimitar o espaço do teste, rádio com leitor de mp3 e o áudio do teste. Os participantes foram divididos por grupos, os participantes eram colocados a 1 metro de distância entre eles. Cada participante era colocado na linha de partida e instruído a correr ao longo do percurso de 20 metros na distância marcada por duas linhas, pisando na linha quando se ouvia o sinal sonoro; e inverter o sentido da corrida até a outra extremidade. Caso o avaliado atingisse a linha

antes do sinal sonoro, deveria esperar pelo novo sinal sonoro para correr em sentido contrário. O sinal sonoro inicia-se com a velocidade de (8,5 km/h) e aumenta progressivamente (0,5 km/h a cada minuto – cada 1 minuto corresponde a um percurso) até o máximo de 120 percursos. Um sinal sonoro representa o final de um percurso de 20 metros, e um triplo sinal sonoro indica o final de cada patamar. Quando o participante não conseguia atingir a linha final do percurso de 20 metros, era instruído a inverter de imediato o sentido de sua corrida. Cada avaliado terminava o teste quando não se conseguia alcançar a linha de chegada antes do sinal sonoro, por duas ocasiões, consecutivas. A primeira falta era contabilizada para o resultado. Após o término do teste os sujeitos eram orientados a continuar caminhando ao redor da área de teste até se recuperarem a condição próxima à de repouso. Para a estimativa do $VO_2\text{máx}$, a contagem de voltas que o avaliado consegue alcançar é utilizada para determinar o estágio que o avaliado conseguiu permanecer no teste; indicativo da velocidade aeróbica máxima. Em crianças e adolescentes o $VO_2\text{máx}$ foi predito através da velocidade máxima aeróbica de corrida (Velocidade em Km/h) e a idade (Idade em anos arredondados para baixo) por meio da seguinte fórmula: $VO_2\text{máx} = 31.025 + 3.238 \times (\text{velocidade}) - 3.248 \times (\text{idade}) + 0.1536 \times (\text{velocidade}) \times (\text{idade})$. Em participantes maiores de 18 anos, a predição do $VO_2\text{máx}$ é obtida com a velocidade máxima aeróbica de corrida (velocidade em Km/h) por meio da seguinte fórmula: $VO_2\text{máx} = - 27,4 + 6 \times (\text{Velocidade})$ (32).

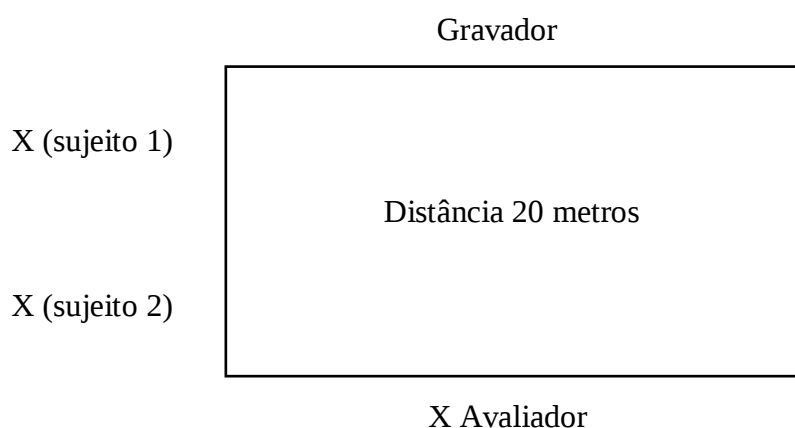


Figura 2 – Espaço físico para aplicação do teste.

2.5. 20m multistage fitness test - com condução luminosa da velocidade de corrida, utilizando o PACETECH.

O *20m multistage fitness test*, foi realizado de acordo com o protocolo anteriormente descrito, exceto que para condução da intensidade de corrida foi utilizado o PACETECH, que é um sistema portátil para avaliação da aptidão física, que contém uma interface configurada para receber dados de entrada de um usuário, enviar instruções a um controlador e exibir estes dados. O controlador foi configurado para receber instruções da interface, controlar uma pluralidade de emissores de luz e enviar dados para a interface. Este equipamento possui uma faixa de comprimento variável que é enrolada em uma bobina dentro do aparelho, que pode ser definida em um comprimento determinado e está ligada ao controlador de emissores de luz para a emissão de um sinal luminoso para o sujeito. Esse sinal luminoso é um padrão de luz que, a um ritmo pré-determinado, altera o estado de um emissor de luz na sequência da direção de corrida, o que pretende definir o ritmo do sujeito. Os dados de entrada são os parâmetros para o teste de resistência cardiovascular aeróbica progressiva e a contagem de voltas em cada estágio. Esses dados são escolhidos a partir da seguinte lista: duração do teste, ritmo pré-determinado a ser atingido, número de indivíduos correndo e duração do teste. O estado da luz da fita compreende os seguintes: estado liga/desliga, intensidade da luz, frequência de piscar, cor do emissor de luz ou uma combinação desses. Esse emissor de luz é uma faixa de luzes LED e o sinal luminoso é definido em cerca de um metro de LEDs de sinalização luminosa que são emitidos ao ritmo pré-determinado e na direção da corrida, temporariamente e sequencialmente ligados. O aparelho pode ser ligado a interface de um equipamento eletrônico portátil, tais como: telefone celular, smartphone, tablet e laptop e o comando e a interface se comunicam através de uma ligação sem fios. O PACETECH compreende ainda um emissor de som, configurado para receber instruções do controlador e emitir um sinal de áudio para o sujeito, para dar um teste de som inicial, esse emissor de som é alimentado por um amplificador de áudio, um conjunto de auscultadores ou equipamento eletrônico semelhante ligado sem fios. O sinal sonoro é um "Bip", um alarme ou um sinal de voz.

O sistema portátil emite ainda, um sinal luminoso ou um sinal luminoso e um sinal sonoro ao ritmo pré-determinado e na direção da corrida. O controlador e os

emissores de som e luz são alimentados através de uma bateria ou de um transformador ligado à rede elétrica. O método de operação do sistema portátil para realizar o teste de corrida compreende as etapas: receber os parâmetros do teste de corrida e enviá-los a um controlador; inicializar os emissores de luz ao receber os referidos parâmetros de ensaio pelo referido controlador; receber uma instrução de teste de início de um usuário na referida interface e enviá-la a um controlador; emitir um padrão de sinal luminoso a um ritmo inicial pré-determinado e aumentar o ritmo do referido padrão de sinal luminoso em cada fase, de acordo com os referidos parâmetros. Igualmente ao teste anterior, cada participante foi instruído a realizar o maior número de percursos, numa distância de 20 metros a uma cadência pré-determinada seguindo o ritmo imposto pelo sinal luminoso. Este sinal luminoso começou com a velocidade programada de (8,5 km/h) e aumentava progressivamente (0,5 km/h a cada minuto – cada 1 minuto corresponde a um percurso, até o máximo de 120 percursos). O participante terminava o teste quando por duas vezes consecutivas não conseguia acompanhar o sinal luminoso.

Os testes foram realizados em uma quadra desportiva e os equipamentos adicionais utilizados a este aparelho foram: cones e fita métrica para delimitar o espaço do teste. Cada teste foi realizado com duas pessoas posicionadas a cada lado da fita para uma melhor visualização do sinal luminoso. Após o término do teste os sujeitos eram orientados a continuar caminhando ao redor da área de teste até se recuperarem a condição próxima à de repouso. Para a estimar o $VO_{2m\acute{a}x}$, a quantidade de voltas que o avaliado consegue alcançar é utilizada para determinar o estágio que o avaliado conseguiu permanecer no teste; indicativo da velocidade aeróbica máxima. Em crianças e adolescentes o $VO_{2m\acute{a}x}$ foi predito através da velocidade máxima aeróbica de corrida (Velocidade em Km/h) e a idade (Idade em anos arredondados para baixo) por meio da seguinte fórmula: $VO_{2m\acute{a}x} = 31.025 + 3.238 \times (\text{velocidade}) - 3.248 \times (\text{idade}) + 0.1536 \times (\text{velocidade}) \times (\text{idade})$. Nos participantes maiores de 18 anos, a predição do $VO_{2m\acute{a}x}$ é obtida com a velocidade máxima aeróbica de corrida (velocidade em Km/h) por meio da seguinte fórmula: $VO_{2m\acute{a}x} = - 27,4 + 6 \times (\text{Velocidade})$ (32).

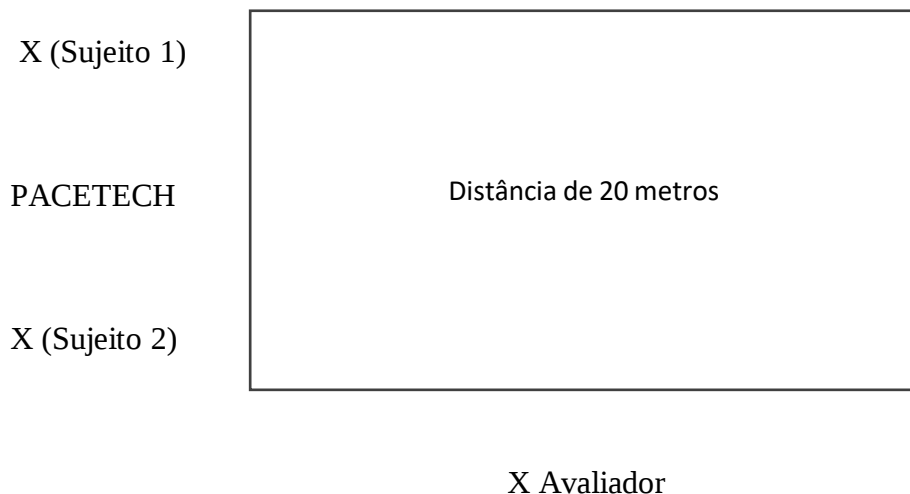


Figura 3 – Espaço físico para aplicação do teste.

2.6. Análise estatística

Inicialmente foi analisada a normalidade das distribuições nas diferentes variáveis por meio do teste de Komolgorov Smirnov. Os resultados indicaram que as distribuições eram significativamente diferentes da distribuição normal, pelo que se optou pela utilização de estatísticas não paramétricas. Para além da média e do desvio-padrão, utilizou-se a mediana e o intervalo interquartil como estatística descritiva.

Com a finalidade de analisar a diferença entre sexos e grupo etário, foram realizadas comparações pareadas entre os dados obtidos nas diferentes variáveis por cada sexo e por cada grupo etário, tendo sido utilizado o teste não-paramétrico de Wilcoxon. O tamanho de efeito to teste de Wilcoxon, foi determinado pela seguinte equação:

$$r = Z/\sqrt{N}$$

Onde, o Z é a estatística Z para o teste de Wilcoxon, e o N é o tamanho da amostra. Para a determinação da magnitude dos tamanhos do efeito (TE) obtidos, foram determinados os seguintes pontos de corte, de 0,10 = pequena, 0,30 = moderada, e 0,50 grande, conforme as diretrizes de Cohen et al. (49).

O gráfico de Bland-Altman com os limites de concordância foi utilizado para determinar a concordância dos resultados (distância percorrida) entre as duas situações de realização do *20m multistage fitness test*, condução sonora versus condução luminosa da velocidade de corrida.

A validação ao critério foi determinada através do coeficiente de correlação de Spearman (r), obtendo-se um valor de validação e da análise de regressão e obtendo-se um valor de validação preditiva. A análise de regressão foi realizada por sexo tendo variável dependente o $\text{VO}_2\text{máx}$ avaliado através do Fitmate Pro e como preditores a idade e a distância percorrida no teste de terreno com condução luminosa para determinar o valor preditivo do teste de terreno com condução luminosa.

Toda a análise estatística foi realizada com o software estatístico SPSS versão 28.0.

3. Resultados

Na tabela 3 é apresentada a estatística descritiva [mediana, intervalo interquartil (IQ) e média e desvio-padrão] dos valores de VO₂máx estimado através da avaliação direta do consumo de O₂ obtidos através do Fitmate Pro e por estimativa a partir dos resultados dos testes de terreno com condução sonora e com condução luminosa, bem como a distância percorrida nas duas situações de condução da velocidade de corrida no teste de terreno, para a totalidade da amostra. O teste de terreno por condução sonora apresentou estimativa de VO₂máx significativamente superior à avaliação realizada com o Fitmate Pro: (Z = -2,365, p = 0,001, TE: pequeno, r = 0,14). De forma similar, o teste de terreno por condução luminosa apresentou estimativa de VO₂máx significativamente superior à avaliação realizada com o Fitmate Pro: (Z = -3,039, p = 0,002, TE: pequeno, r = 0,18). No teste com condução luminosa os participantes percorreram uma distância significativamente superior à percorrida com a condução sonora: (Z = -3,249, p < 0,001, TE: pequeno, r = 0,19).

Tabela 3 – Estatística descritiva (mediana, intervalo interquartil, média e desvio-padrão) para o VO₂máx determinado nos três procedimentos de avaliação e distância percorrida nos dois testes de terreno, para a totalidade da amostra.

Teste	VO ₂ máx. (ml/kg/min)				Distância (m)			
	Mediana	IQ	Média	D.P.	Mediana	IQ	Média	D.P.
Fitmate Pro	29,37	13,55	31,84	8,28	---	---		
Condução sonora	35,15	5,94	35,03	4,98	600	200	600,49	245,29
Condução luminosa	35,6	5,6	36,36	5,16	600	220	658,54	246,35

Notas: IQ= intervalo interquartil.

A tabela 4 mostra a estatística descritiva [mediana, intervalo interquartil (IQ) média e desvio-padrão] dos valores de VO₂máx estimado através da avaliação direta do consumo de O₂ obtidos através do Fitmate Pro e por estimativa a partir dos resultados dos testes de terreno com condução sonora e com

condução luminosa, bem como da distância percorrida entre as duas situações de condução da velocidade de corrida do teste de terreno, para os dois sexos. Ao compararmos as avaliações realizadas com o Fitmate Pro versus condução sonora em cada sexo, foi observado que no sexo masculino os valores obtidos através do Fitmate Pro não são significativamente diferentes aos estimados no teste de terreno, quer condução luminosa, quer com condução sonora. No sexo feminino os valores são significativamente diferentes dos obtidos nas duas situações de teste de terreno (condução sonora: $Z = -2,499$, $p = 0,01$, TE: moderado, $r = 0,27$; condução luminosa: $Z = -2,766$, $p = 0,006$, TE: moderado, $r = 0,30$). Relativamente à distância percorrida nos dois testes de terreno, condução luminosa versus condução sonora, constata-se que em ambos os sexos houve uma distância significativamente superior na condução luminosa (sexo feminino: $Z = -2,654$, $p = 0,008$, TE: moderado, $r = 0,30$; sexo masculino: $Z = -2,199$, $p = 0,028$ TE: pequeno, $r = 0,18$).

Tabela 4 – Estatística descritiva (mediana, intervalo interquartil, média e desvio-padrão) para o VO₂máx determinado nos três procedimentos de avaliação e distância percorrida nos dois testes de terreno, para os dois sexos.

Teste	VO ₂ máx. (ml/kg/min)				Distância (m)			
	Mediana	IQ	Média	D.P.	Mediana	IQ	Média	D.P.
Masc.								
Fitmate Pro	37,99	19,52	36,43	10,43	---	---		
Condução sonora	35,94	8,28	37,84	6,08	760	460	800,0	353,68
Condução luminosa	38,27	7,07	40,02	5,97	760	480	900,0	333,03
Fem.								
Fitmate Pro	29,16	7,77	30,16	6,59	---	---		
Condução sonora	32,71	5,60	33,99	4,04	560	200	527,33	128,11
Condução luminosa	35,42	3,58	34,96	3,99	600	180	570,0	114,28

Notas: IQ= intervalo interquartil.

A tabela 5 mostra a estatística descritiva [mediana, intervalo interquartil (IQ) média e desvio-padrão] dos valores de VO₂máx estimado através da avaliação direta do consumo de O₂ obtidos através do Fitmate Pro e por estimativa a partir dos resultados dos testes de terreno com condução sonora e com condução luminosa, bem como a distância percorrida entre as duas situações de condução da velocidade de corrida do teste de terreno, para os dois grupos etários. Ao compararmos as avaliações realizadas com o Fitmate Pro versus condução sonora, foi observado que no grupo de adolescentes houve superioridade significativa dos valores obtidos de VO₂máx através do método por condução sonora comparativamente aos obtidos pelo Fitmate Pro ($Z = -2,087$, $p = 0,037$, TE: moderado, $r = 0,24$). No grupo de adultos, não se observaram diferenças significativas entre os valores obtidos no Fitmate Pro e as obtidas no teste de terreno por condução sonora. Ao compararmos as avaliações realizadas com

o Fitmate Pro versus condução luminosa, foi observado que no grupo de adolescentes houve superioridade significativa dos valores obtidos de VO₂máx através do método por condução luminosa ($Z = -2,670$, $p = 0,008$, TE: moderado, $r = 0,30$). No grupo de adultos não houve diferenças significativas. Nas avaliações obtidas pelos dois testes de terreno, condução luminosa versus condução sonora, os participantes do grupo de adolescentes, obtiveram superioridade nos valores encontrados de VO₂máx pelo método luminoso ($Z = -2,468$, $p = 0,014$, TE: moderado, $r = 0,30$). De forma similar, os participantes do grupo de adultos, obtiveram superioridade nos valores encontrados de VO₂máx pelo método luminoso ($Z = -2,236$, $p = 0,025$, TE: pequeno, $r = 0,15$). Em relação à distância percorrida nas duas situações de teste de terreno, condução luminosa versus condução sonora, foi observado que, quer para o grupo de adolescentes, quer para o grupo de adultos, o método por condução luminosa apresentou resultados significativamente superiores (adolescentes: $Z = -2,273$, $p = 0,023$, TE: pequeno, $r = 0,27$; adultos: $Z = -2,548$, $p = 0,011$, TE: pequeno, $r = 0,17$).

Tabela 5 – Estatística descritiva (mediana, intervalo interquartil, média e desvio-padrão) para o VO₂máx determinado nos três procedimentos de avaliação e distância percorrida nos dois testes de terreno, para os dois grupos etários.

Teste	VO ₂ máx. (ml/kg/min)				Distância (m)			
	Mediana	IQ	Média	D.P.	Mediana	IQ	Média	D.P.
Adolescentes								
Fitmate Pro	29,37	13,62	32,2	7,61	---	---		
Condução sonora	35,64	5,91	35,93	4,69	600	180	599,31	208,61
Condução luminosa	36,08	3,89	37,3	4,61	600	120	651,72	196,77
Adultos								
Fitmate Pro	30,81	11,93	30,97	9,66	---	---		
Condução sonora	31,1	4,5	32,85	4,97	520	260	603,33	316,84
Condução luminosa	34,1	6,0	34,1	5,68	630	310	675,00	336,76

Notas: IQ= intervalo interquartil.

As figuras 4, 5, 6 e 7 representam o gráfico de Bland-Altman para a concordância entre os resultados obtidos (distância percorrida) no *20m multistage fitness test* com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa) respectivamente para totalidade da amostra, para o sexo feminino, para o sexo masculino, para os adolescentes e para os adultos. Os resultados são ainda apresentados nas tabelas 6, 7, 8, 9 e 10.

Considerando a totalidade da amostra, constata-se que existem alguns resultados fora dos limites de concordância, embora a generalidade deles esteja dentro dos limites de concordância. Os limites de concordância são relativamente elevados.

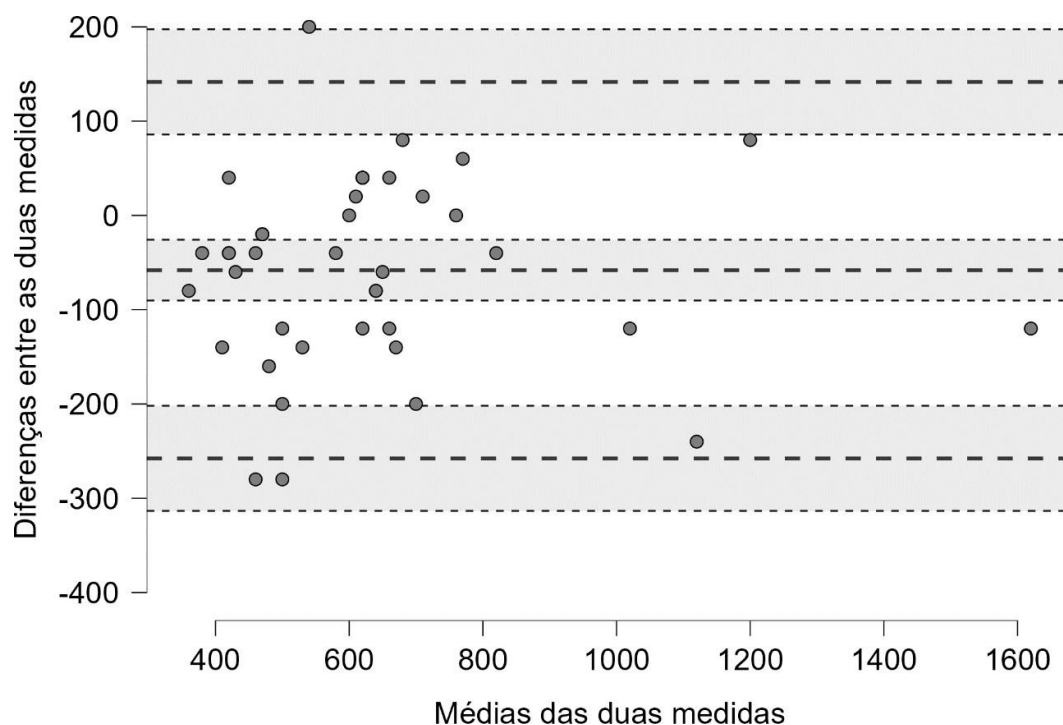


Figura 4 – Gráfico de Bland-Altman para a concordância entre os resultados obtidos (distância percorrida) no *20m multistage fitness test* com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para a totalidade da amostra.

Tabela 6 – Resultados da análise de Bland-Altman para a concordância (média das diferenças limites de concordância com os respectivos intervalos de confiança a 95%) entre os resultados obtidos (distância percorrida) no *20m multistage fitness test* com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para a totalidade da amostra.

Média das diferenças e limites de concordância	Valor	IC95%
Média das diferenças	-58,049	-90,201 -25,897
Média das diferenças – 1,96 dp	-257,701	-313,389 - 202,012
Média das diferenças + 1,96 dp	141,603	85,914 197,292

Considerando o grupo do sexo feminino, constata-se que existem alguns resultados fora dos limites de concordância, embora a generalidade deles esteja dentro dos limites de concordância. Os limites de concordância são relativamente altos.

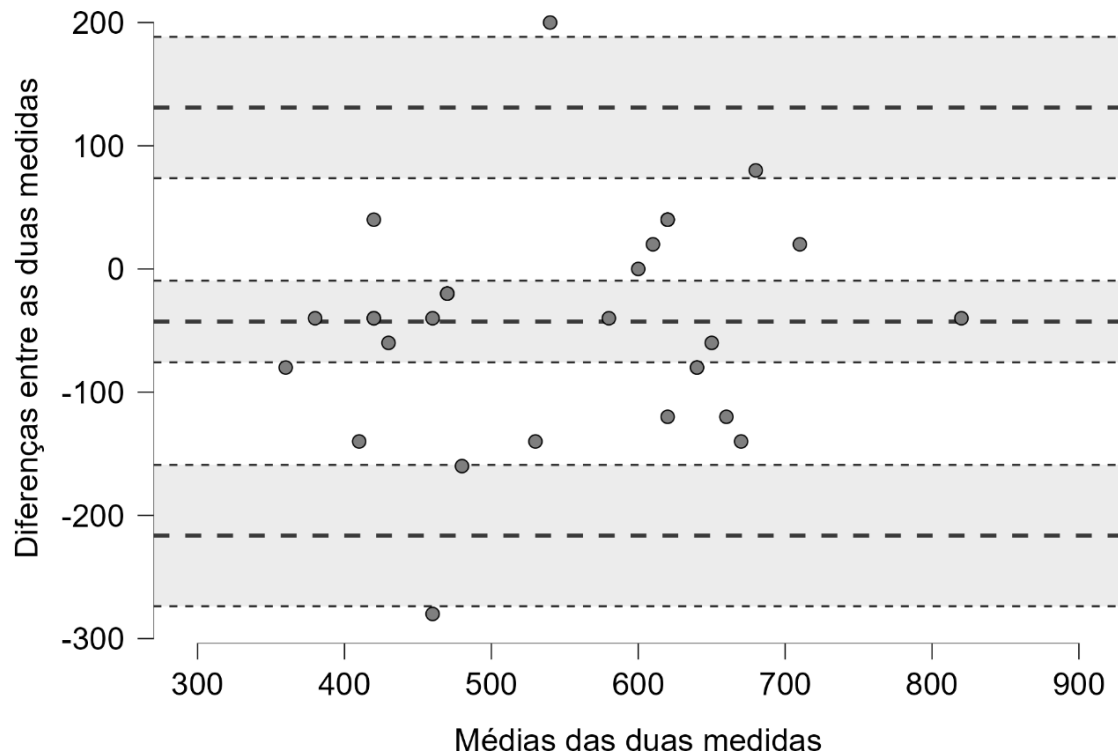


Figura 5 – Gráfico de Bland-Altman para a concordância entre os resultados obtidos (distância percorrida) no *20m multistage fitness test* com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para o sexo feminino.

Tabela 7 – Resultados da análise de Bland-Altman para a concordância (média das diferenças limites de concordância com os respectivos intervalos de confiança a 95%) entre os resultados obtidos (distância percorrida) no *20m multistage fitness test* com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para o sexo feminino.

Média das diferenças e limites de concordância	Valor	IC95%	
Média das diferenças + 1,96 SD	131,042	73,722	188,362
Média das diferenças	-42,667	-75,760	-9,573
Média das diferenças – 1,96 SD	-216,375	-273,695	-159,055

Considerando o grupo do sexo masculino, constata-se que os valores de diferença se encontraram dentro dos limites de concordância. Os limites de concordância são elevados.

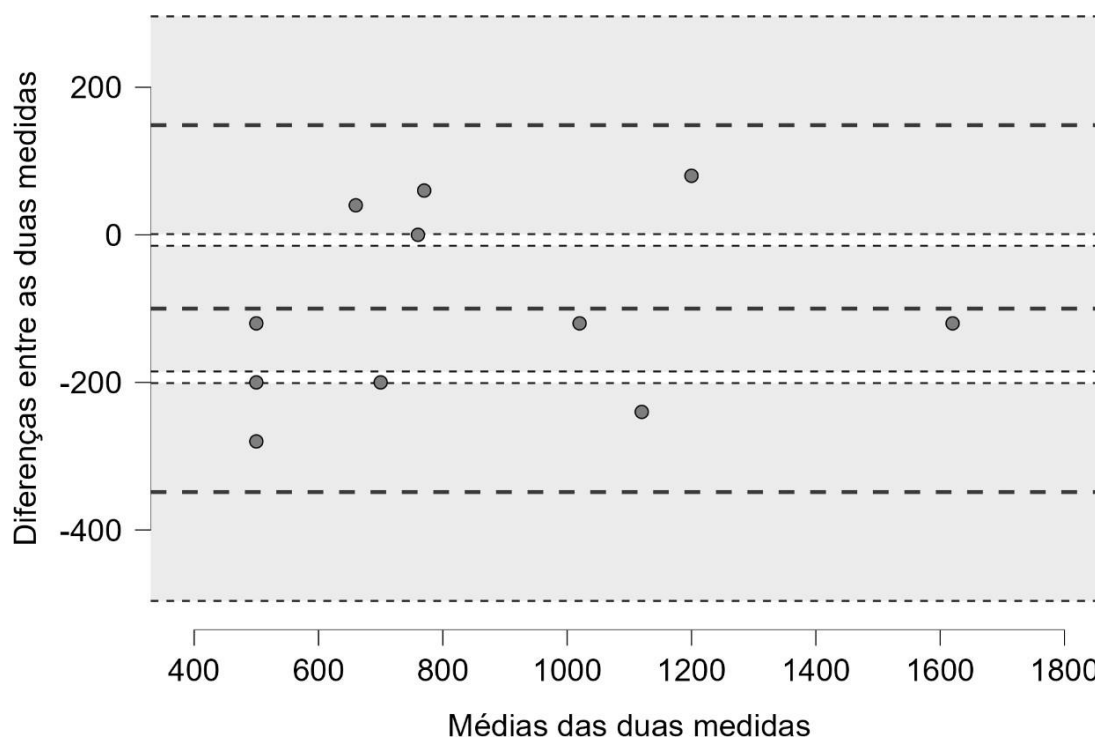


Figura 6 – Gráfico de Bland-Altman para a concordância entre os resultados obtidos (distância percorrida) no *20m multistage fitness test* com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para o sexo masculino.

Tabela 8 – Resultados da análise de Bland-Altman para a concordância (média das diferenças limites de concordância com os respectivos intervalos de confiança a 95%) entre os resultados obtidos (distância percorrida) no *20m multistage fitness test* com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para o sexo masculino.

Média das diferenças e limites de concordância	Valor		IC95%
Média das diferenças + 1,96 SD	148,542	0,988	296,095
Média das diferenças	-100,000	-185,190	-14,810
Média das diferenças – 1,96 SD	-348,542	-496,095	-200,988

Considerando o grupo de adolescentes, constata-se que existem alguns resultados fora dos limites de concordância, embora a generalidade deles esteja dentro dos limites de concordância. Os limites de concordância são relativamente elevados.

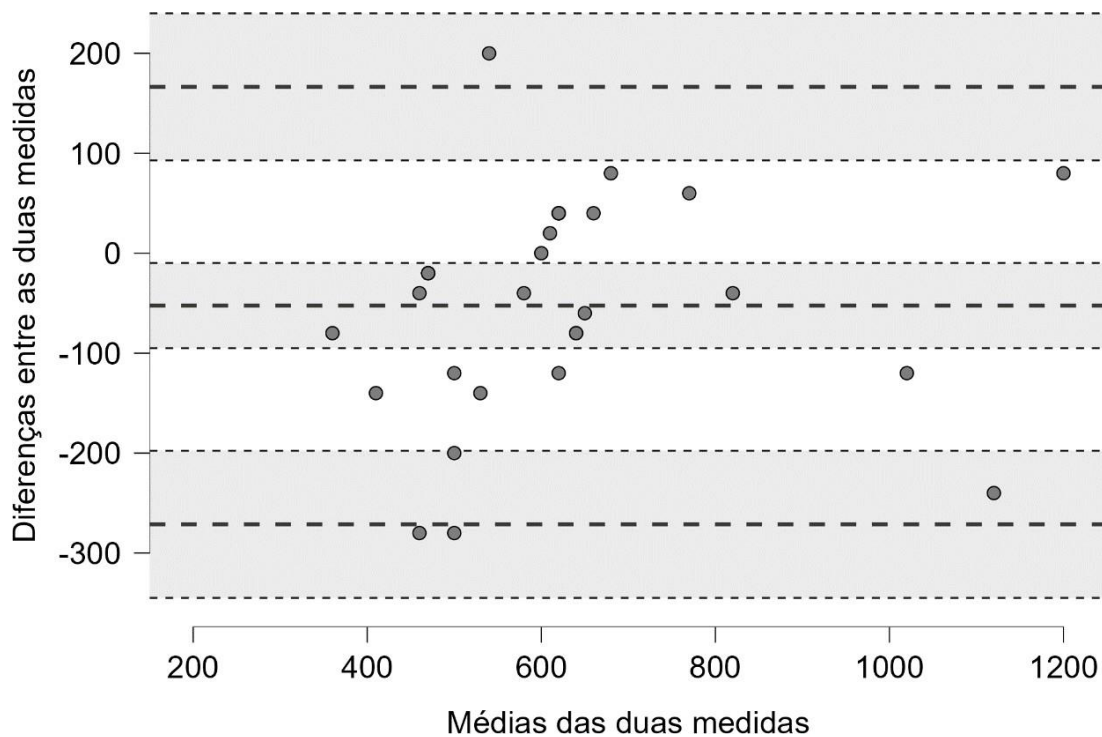


Figura 7 – Gráfico de Bland-Altman para a concordância entre os resultados obtidos (distância percorrida) no *20m multistage fitness test* com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para os adolescentes.

Tabela 9 – Resultados da análise de Bland-Altman para a concordância (média das diferenças limites de concordância com os respectivos intervalos de confiança a 95%) entre os resultados obtidos (distância percorrida) no *20m multistage fitness test* com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para os adolescentes.

Média das diferenças e limites de concordância	Valor		IC95%
Média das diferenças + 1,96 SD	166,449	92,880	240,017
Média das diferenças	-52,414	-94,889	-9,939
Média das diferenças – 1,96 SD	-271,276	-344,845	-197,708

Considerando o grupo de adultos, constata-se que existem poucos resultados fora dos limites de concordância, demonstrando uma homocedasticidade nos resultados. Os limites de concordância são relativamente altos.

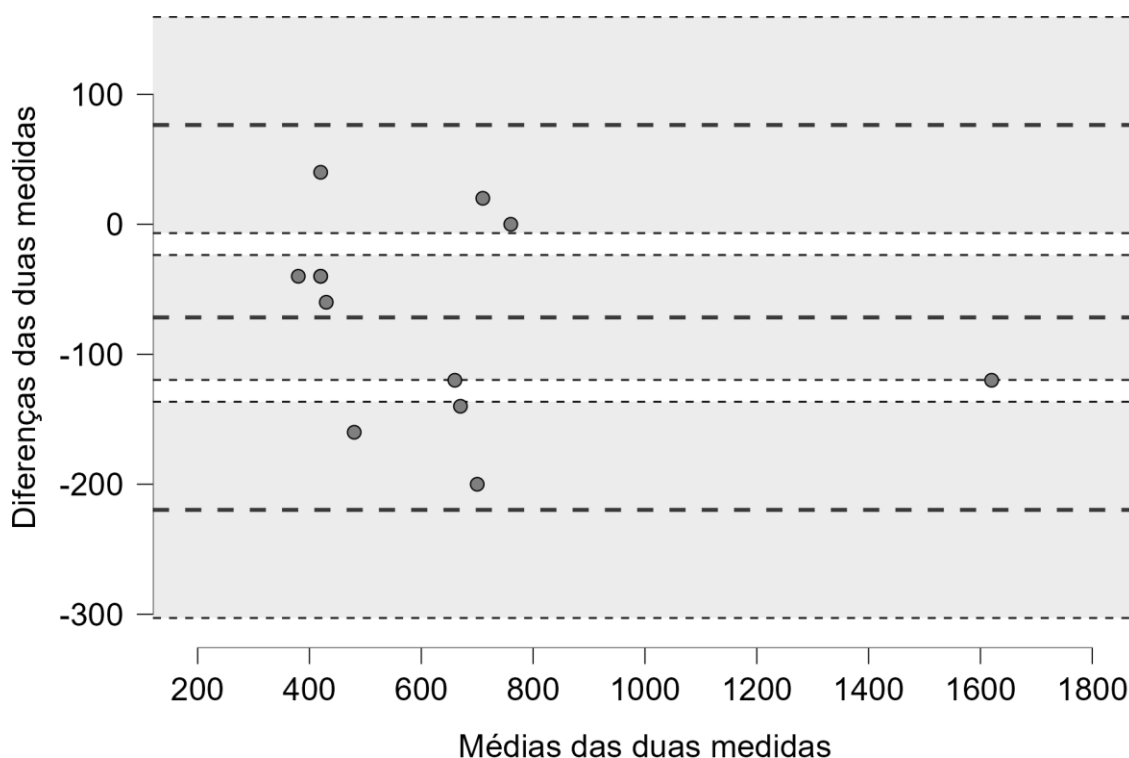


Figura 8 – Gráfico de Bland-Altman para a concordância entre os resultados obtidos (distância percorrida) no *20m multistage fitness test* com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para os adultos.

Tabela 10 – Resultados da análise de Bland-Altman para a concordância (média das diferenças limites de concordância com os respectivos intervalos de confiança a 95%) entre os resultados obtidos (distância percorrida) no *20m multistage fitness test* com os dois tipos de condução da velocidade de corrida (condução sonora versus condução luminosa), para os adultos.

Média das diferenças e limites de concordância	Valor	IC95%
Média das diferenças + 1,96 SD	76,389	-6,741 159,518
Média das diferenças	-71,667	-119,662 -23,672
Média das diferenças – 1,96 SD	-219,722	-302,852 -136,593

Na tabela 11 são apresentados os coeficientes de correlação (Spearman r) relativos à validação concorrente, entre os valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ estimado através da avaliação direta do consumo de O_2 obtidos através do Fitmate Pro, e a distância percorrida nos testes de terreno com condução luminosa e com condução sonora para a totalidade da amostra, por sexo e por grupo etário, e ainda os intervalos de confiança a 95% para a diferença entre as correlações obtidas nas duas condições de teste de terreno.

As correlações são todas significativas com exceção das obtidas no sexo feminino quer na condução sonora quer na condução luminosa e nos adolescentes na condução luminosa.

Com a exceção dos valores de correlação obtidos pelos adultos todos os valores de correlação entre o $\text{VO}_2\text{máx}$ e a distância percorrida, são superiores no teste com condução sonora, apresentando valores moderados a altos.

Os resultados da análise de correlação referentes à totalidade da amostra, indicaram uma correlação moderada para ambos os métodos, condução sonora e luminosa. Relativamente às correlações obtidas nos dois sexos verifica-se que no grupo feminino as correlações são baixas, não significativas e altas e significativas no grupo masculino, sendo significativamente diferentes na condução sonora (IC95%: 0,10 — 0,96) Relativamente às correlações obtidas nos dois grupos etários, constata-se que na condução sonora são similares (0,49 nos adolescentes e 0,47 nos adultos), mas na condução luminosa os resultados são superiores nos adultos (0,33 nos adolescentes e 0,61 nos adultos).

Tal como é indicado pelos resultados dos intervalos de confiança para a diferença entre as correlações, não existem diferenças significativas entre as correlações entre os resultados obtidos com o Fitmate Pro e cada uma das duas condições de condução da velocidade de corrida no teste de terreno.

Tabela 11 – Valores de validade concorrente (coeficiente de correlação de Spearman) dos dois testes de terreno (distância percorrida com condução sonora e condução luminosa) com os resultados do VO₂máx (ml/kg/min) estimados através da avaliação direta do consumo de O₂ obtidos através do Fitmate Pro e intervalos de confiança a 95% para a diferença entre as correlações, para a totalidade da amostra, por sexo e por grupo etário.

	Condução sonora	Condução luminosa	[IC95%]:
Totalidade da amostra (N=41)	0,50**	0,46**	-0,41—0,51
Fem (N=30)	0,24	0,21	-0,48—0,52
Mas (N= 11)	0,82**	0,70*	-0,07—0,96
Adolescentes (N=29)	0,49**	0,33	-0,35—0,64
Adultos (N=12)	0,47	0,61*	-0,81—0,64

Nota: ** significativo para $p < 0,01$, *significativo para $p < 0,05$.

Resultados da análise de regressão para a validação preditiva por sexo tendo como variável dependente os valores de VO₂máx estimado através da avaliação direta do consumo de O₂ obtidos através do Fitmate Pro e como preditores a idade e a distância percorrida no teste de terreno com condução luminosa, indicam que no sexo feminino o modelo explica apenas 18,9% da variância enquanto no sexo masculino explica 74,7%.

As equações de estimativa do VO₂máx são as seguintes:

Para o sexo feminino:

$$\text{VO}_2\text{máx} = 32,297 + 0,006 \cdot \text{Distancia(m)} - 0,262 \cdot \text{Idade decimal}.$$

Para o sexo masculino:

$$\text{VO}_2\text{máx} = 3,523 + 0,022 \cdot \text{Distancia(m)} - 0,727 \cdot \text{Idade decimal}.$$

4. Discussão

O objetivo desta investigação foi realizar uma validação criterial do *20m multistage fitness test*, utilizando para a condução da velocidade de corrida o PACETECH, tendo como critério a estimativa do $\text{VO}_2\text{máx}$ através de medição direta do O_2 como Fitmate Pro, num teste submáximo realizado em um tapete rolante. Tanto quanto sabemos, esta é a primeira pesquisa que se propõe a realizar o *Multistage 20M Shuttle Run Test*, para estimar o valor do consumo máximo de oxigénio utilizando um aparelho para condução de velocidade de corrida através de sinais luminosos.

Os resultados obtidos demonstraram valores de validação concorrentes baixos a moderados quer para a condução sonora quer para a condução luminosa da velocidade de corrida, não havendo diferenças significativas entre os valores de validade concorrente nas duas situações.

No sexo feminino o modelo de predição do $\text{VO}_2\text{máx}$ tem um valor explicativo muito baixo, apenas (18,9%), enquanto no sexo masculino o valor explicativo é elevado (74,7%).

Os resultados deste estudo tendem a concordar com os achados em pesquisas anteriores sobre a validade de testes indiretos para medir a potência aeróbia (50, 51, 52, 53). Numa revisão sistemática (37), foi verificada a validade de testes indiretos para estimativa da aptidão cardiorrespiratória, os autores encontraram resultados de acordo com aqueles de Castro-Piñero et al. (66), que demonstraram forte evidência de que o teste vaivém é válido para estimar a aptidão cardiorrespiratória em diferentes populações. Em outro estudo (23), também compararam a validade do método *20m multistage fitness test* para avaliação da aptidão cardiorrespiratória através do $\text{VO}_2\text{máx}$, em jovens portugueses, com idades entre 10 e 18 anos, usando a medida padrão como referência e os resultados apontaram não haver diferença estatística entre as avaliações, demonstrando ainda uma margem de erro pequena, com uma boa aplicabilidade do método.

Na presente investigação, constataram-se valores de validação concorrente mais elevados em ambas as situações no sexo masculino. De forma similar, os autores (56), levaram em consideração que o método indireto de avaliação da aptidão cardiorrespiratória pode variar de acordo com a população estudada e realizaram o teste

vaivém com atletas profissionais do sexo feminino e este se mostrou ineficaz nesta população, obtendo valor de $\text{VO}_2\text{máx}$ $55,0 \pm 5,3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, valor determinado diretamente em comparação aos valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ $49,9 \pm 4,9 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, valor determinado indiretamente. A partir da diferença significativa entre os métodos avaliados, os autores propuseram na discussão do estudo que o resultado poderia ser explicado pela falta de especificidade do teste quanto ao género. Contudo, os valores de validação obtidos nos dois grupos etários são valores próximos.

Entretanto, constata-se que no teste de terreno por condução luminosa os participantes, independentemente do sexo e da idade, percorreram uma distância significativamente superior comparativamente à distância percorrida por condução sonora, corroborando com uma das hipóteses apresentadas nesta pesquisa. Demonstrando, assim, maior eficiência para condução da corrida dos avaliados para este método. O que evidencia a importância da investigação de novos métodos que possam ser mais eficazes na medição da capacidade cardiorrespiratória em diferentes contextos (57). De forma adicional, Collomp et al. (6) verificaram que a diferença na determinação do $\text{VO}_2\text{máx}$ existente entre testes de diferentes características, pode estar relacionada a fatores biomecânicos, onde o movimento realizado de forma correta leva o sujeito a uma realização na corrida mais económica.

No presente estudo os valores de $\text{VO}_2\text{máx}$ indicaram para a totalidade da amostra que os testes de terreno apresentaram estimativas superestimadas de $\text{VO}_2\text{máx}$ comparativamente às avaliações realizadas com o Fitmate Pro. De maneira similar, em uma pesquisa conduzida por Rondon et al. (58), encontraram valores superestimados de $\text{VO}_2\text{máx}$ na medição indireta. Vários estudos indicaram valores superestimados no teste indireto vaivém (59, 60, 61). Uma das hipóteses observada em diferentes estudos para esse tipo de resultado está dentro da análise da especificidade dos testes cardiológicos, que geralmente, não possuem como intuito principal analisar o $\text{VO}_2\text{máx}$ e sim avaliar a condição cardíaca do sujeito em esforço (62).

Adicionalmente, os resultados deste estudo para os valores superestimados de $\text{VO}_2\text{máx}$ obtidos nas avaliações indiretas comparativamente às avaliações realizadas com o Fitmate Pro, também podem ser explicadas pelo facto de que, em todos os métodos indiretos são utilizadas fórmulas matemáticas com valores de variáveis indiretamente relacionadas com o $\text{VO}_2\text{máx}$, como por exemplo: frequência cardíaca de repouso,

frequência cardíaca máxima, máxima velocidade atingida, máxima distância percorrida, tempo fixo, nível de treinamento, idade, gênero, hereditariedade, estado clínico cardiovascular, peso corporal, entre outros fatores (51,53, 63, 64, 65). A precisão de estimação do $\text{VO}_2\text{máx}$ por meio das variáveis citadas acima possui, portanto, um certo grau de variabilidade, e, por estarem expostas a muitos fatores externos, se tornam variáveis frágeis, e com isso, acabam por comprometer os valores finais da estimativa (66). Além do que, as fórmulas matemáticas por si só, podem apresentar erros (67, 68). Além do que, em testes indiretos, através de cálculos, apesar de algumas dessas equações de predição resultarem em associação aceitável, em comparação com os valores obtidos por medidas diretas, essa diferença pode apresentar variabilidade, dependendo da população estudada. E o erro entre populações pode ser alto, podendo alcançar valores próximos a 20%, e em raros casos exceder 30%, uma margem de erro alta, considerando outras medidas da área biológica (69). Além disso, equações de predição têm apresentado maior validade quando aplicadas em populações com características semelhantes às da amostra a partir da qual a equação foi gerada, provando assim, uma dependência de semelhança entre populações (51, 70).

Tal como é indicado pelos resultados, não existem diferenças significativas entre as correlações entre os resultados obtidos com o Fitmate Pro e cada uma das duas situações de condução da velocidade de corrida no teste de terreno. Apontando que, geralmente, mesmo em condição de não unanimidade estatística, estes protocolos de avaliação podem ser utilizados por profissionais da área da saúde, para estimativa do $\text{VO}_2\text{máx}$ (50). Outros estudos (51, 58, 60, 65, 71) que tiveram como objetivo analisar a correlação entre métodos indiretos e diretos, demonstraram alta associação entre estes.

Consideramos que este estudo apresentou algumas limitações que precisam ser apontadas. Iniciando-se pela medição direta do consumo de O_2 para estimativa do $\text{VO}_2\text{máx}$ que foi realizada com um protocolo adotando intensidades submáximas. Outra limitação está relacionada com o tamanho da amostra, e com a variabilidade das suas características, com diferentes tamanhos quanto a gênero (feminino, $n = 30$, masculino, $n = 11$), e quanto a faixa etária (adolescentes, $n = 29$, adultos, $n = 12$). Outra limitação foi a não realização do re-teste nas avaliações dos testes de terreno, o que não permitiu a análise da fiabilidade. Além disso, o critério de inclusão para a seleção da amostra está relacionado apenas ao fato dos sujeitos serem classificados como fisicamente ativos, no entanto, existem outros diversos fatores para além do nível de atividade física, como estado nutricional, características

morfofuncionais, histórico anterior de prática de exercício físico. Assim como entendimento e compreensão dos procedimentos dos protocolos de teste, o que pode ter influenciado diretamente no estado motivacional para realizar esforço durante a testagem.

5. Conclusão

Dos resultados podemos concluir que não existem diferenças significativas entre as correlações entre os resultados obtidos com o Fitmate Pro e cada uma das duas condições de condução da velocidade de corrida no *20m multistage fitness test*. Indicando um índice de validação concorrente moderado para ambos os métodos, condução sonora e luminosa. Ambos os testes de terreno (com condução sonora e com condução luminosa) apresentaram estimativas superestimadas de $VO_{2\text{máx}}$ comparativamente às avaliações realizadas com o Fitmate Pro.

Confirmando a hipótese apresentada neste estudo, independentemente do sexo e da idade, no teste de terreno por condução luminosa os participantes percorreram uma distância superior comparativamente à distância percorrida por condução sonora. Demonstrando que o teste com a utilização do método luminoso por PACETECH é mais eficaz na determinação do ritmo da corrida dos sujeitos avaliados.

Considerando os resultados alcançados neste estudo parece-nos necessário que outras pesquisas sejam realizadas, com objetivo de investigar de maneira mais aprofundada a eficiência do método luminoso na análise da aptidão cardiorrespiratória, em diferentes populações e contextos, considerando fatores como: género, idade, prática desportiva, condição cardiorrespiratória previa, entre outros.

Bibliografia

1. McKinney J, Lithwick DJ, Morrison BN, Nazzari H, Luong M, Fordyce CB, et al. Detecting Underlying Cardiovascular Disease in Young Competitive Athletes. *Can J Cardiol*. 2017 Jan;33(1):155-161.
2. Araújo CG, Herdy AH, Stein R. Maximum oxygen consumption measurement: valuable biological marker in health and in sickness. *Arq Bras Cardiol*. 2013 Apr;100(4):e51-3.
3. Monteiro-Henriques I, Rocha-Sousa A, Barbosa-Breda J. Optical coherence tomography angiography changes in cardiovascular systemic diseases and risk factors: A Review. *Acta ophthalmol*. 2022;100(1):e1-e15.
4. Byun W, Dowda M, Pate RR. (2012). Associations between screen-based sedentary behavior and cardiovascular disease risk factors in Korean youth. *J. Korean Med. Sci*. 2012;27(4):388-394.
5. Schmid D, Leitzmann MF. Cardiorespiratory fitness as predictor of cancer mortality: a systematic review and meta-analysis. *Ann Oncol*. 2015 Feb;26(2):272-278.
6. Collomp K, Ahmaidi S, Chatard JC, Audran M, Préfaut C. (1992). Benefits of caffeine ingestion on sprint performance in trained and untrained swimmers. *Eur. J. Appl. Physiol*. 1992;64(4):377–380.
7. Santos TM, Viana BF, Sá Filho AS. Reprodutibilidade do VO₂Máx estimado na corrida pela frequência cardíaca e consumo de oxigênio de reserva. *Rev bras Educ Fís. Esporte*. 2012 Jan;26(1):29-36.
8. Funtikova AN, Navarro E, Bawaked RA, Fíto M, Schröder H. Impact of diet on cardiometabolic health in children and adolescents. *Nutr. J*. 2015;14.
9. Rodrigues AN, Perez AJ, Carletti L, Bissoli NS, Abreu GR. Maximum oxygen uptake in adolescents as measured by cardiopulmonary exercise testing: a classification proposal. *J. Pediatr*. 2006;82(6):426-430.
10. Kuo MF, Paulus W, Nitsche MA. Sex differences in cortical neuroplasticity in humans. *Neuroreport*. 2006;17(16):1703-1707.
11. Batista MB, Romanzini CLP, Castro-Piñero J, Ronque ERV. Validade de testes de campo para estimativa da aptidão cardiorrespiratória em crianças e adolescentes: uma revisão sistemática. *Rev. Paul. Pediatr*. 2017a; 35(2):222-233.
12. Noakes TD. Maximal oxygen uptake: "classical" versus "contemporary" viewpoints: a rebuttal. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(9):1381-1398.

13. Midgley AW, McNaughton LR, Polman R, Marchant D. Criteria for determination of maximal oxygen uptake: a brief critique and recommendations for future research. *Sports Med.* 2007;37(12):1019-1028.
14. Silva LGM, Pacheco ME, Campbell CSG, Baldissera V, Simões HG. Comparação entre protocolos diretos e indiretos de avaliação da aptidão aeróbia em indivíduos fisicamente ativos. *Rev Bras Med Esporte.* 2005 Aug;11(4).
15. Armstrong N. Aerobic fitness and physical activity in children. *Pediatr. Exerc. Sci.* 2013;25(4):548-560.
16. Rowland TW. Does peak VO₂ reflect VO₂max in children?: evidence from supramaximal testing. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25(6):689-693.
17. Léger LA, Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1982;49(1):1-12.
18. Bassett Jr DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(1):70-84.
19. Astrand PO. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol. Scand.* 1960;49(169).
20. Silvino V, Ferreira C, Prado D, Santos M. Comparação entre a determinação direta do VO₂ máximo e a determinação indireta do VO₂ máximo pelo dispositivo polar V800 de corredores recreacionais. *Psychotech & Health Journal.* 2022;1(1):3-10.
21. Mercier D, Léger LA, Lambert J. Relative efficiency and predicted V_O2 max in children. *Med Sci Sports Exerc.* 1983;15(2):143.
22. Herdy AH, Uhlenhof D. Reference values for cardiopulmonary exercise testing for sedentary and active men and women. *Arq Bras Cardiol.* 2011;96(1):54-9.
23. Silva G, Oliveira NL, Aires L, Mota J, Oliveira J, Ribeiro JC. Calculation and validation of models for estimating VO₂ max from the 20-m shuttle run test in children and adolescents. *Archives Exercise Health.* 2012;3(1-2): 145-152.
24. Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20-meter shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci.* 1988;6:93-101.
25. Shargal E, Kislev-Cohen R, Zigel L, Epstein S, Pilz-Burstein R, Tenenbaum G. Age-related maximal heart rate: examination and refinement of prediction equations. *J Sports Med Phys Fitness.* 2015 Oct;55(10):1207-1218.
26. Ellestad MH, Allen W, Wan MC, Kemp GL. Maximal treadmill stress testing for cardiovascular evaluation. *Circulation.* 1969 Apr;39(4):517-22.

27. Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J*. 1973 Apr;85(4):546-62.
28. Cooper KH. A means of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing. *J. Am. Med. Assoc.* 1968;203(3):201-204.
29. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher V, et al. American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines (2002). ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *Journal of the American College of Cardiology*. 2002;40(8):1531-1540.
30. Gibbons RJ, Balady GJ, Beasley JW, Bricker JT, Duvernoy WF, Froelicher VF, et al. ACC/AHA guidelines for exercise testing: executive summary. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines (Committee on Exercise Testing). *Circulation*. 1997;96(1):345-54.
31. Wicks JR, Oldridge NB. How Accurate Is the Prediction of Maximal Oxygen Uptake with Treadmill Testing? *PLoS One*. 2016 Nov;11(11):e0166608.
32. Léger LA, Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict $\dot{V}O_2$ max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1982;49(1):01-12.
33. Mercier D, Léger LA, Lambert J. Relative efficiency and predicted $\dot{V}O_2$ max in children. *Med Sci Sports Exerc*. 1983;15(2):143.
34. Castagna C, Impellizzeri FM, Chamari K, Carlomagno D, Rampinini E. Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: a correlation study. *J Strength Cond Res*. 2006;20(2):320-325.
35. Koh D, Lim MK, Chia SE, Ko SM, Qian F, Ng V, et al. Risk perception and impact of Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) on work and personal lives of healthcare workers in Singapore: what can we learn?. *Med. Care*, 2005;43(7):676-682.
36. Chamari K, Hachana Y, Ahmed YB, Galy O, Sghaïer F, Chatard JC, et al. Field and laboratory testing in young elite soccer players. *Br. J. Sports Med*. 2004; 38(2):191-196.
37. Silva SC, Monteiro WD, Farinatti PTV. (2011). Exercise maximum capacity assessment: A review on the traditional protocols and the evolution to individualized models. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Rev Bras Med Esporte*. 2011 Oct;17(5): 363-369.
38. Bangsbo J. Physiological factors associated with efficiency in high intensity exercise. *Sports Med*. 1996 Nov;22(5):299-305.

39. Mercier D, Léger LA, Lambert J. Relative efficiency and predicted V02 max in children. *Med Sci Sports Exerc.* 1983;15(2):143.
40. Léger LA, Massicotte D, Gauthier R, Themblay C, Cazorla G, Prat JA. Problems in establishing Canadian norms for the 20m shuttle run test of aerobic fitness. In J. COUDERT and E. van PRAAGH, *Pediatric Work Physiology, Children and Exercise XVI*, Masson; 1992.
41. Léger LA, Lambert J, Goulet A, Rowan C, Dinelle Y. Capacité aérobie des Québécois de 6 à 17 ans - Test navette de 20-28 metres avec paliers de 1 minute. *Can. J. Sport Sci.* 1984;9(2):64-69.
42. Léger LA, Gadoury C. Validity of the 20m shuttle run test with 1 m stages to predict V02 max in adults. *Can. J. Sport Sci.* 1989;14(1):21-26.
43. Liu NYS, Plowman SA, Looney MA. The reliability and validity of the 20-meter shuttle run test in American students 12 to 15 years old. *Res. Q. Exerc. Sport.* 1992;63(4):360-365.
44. Paliczka VJ, Nichols AK, Boreham CA. A multi-stage shuttle run as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. *Br J Sports Med.* 1987 Dec;21(4):163-5.
45. Welsman J, Armstrong N. A corrida de transporte de 20 m não é um teste válido de aptidão cardiorrespiratória em meninos de 11 a 14 anos. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2019 Dez 22;5(1):e000627.
46. Armstrong N, Welsman J, Winsley R. Is peak VO2 a maximal index of children's aerobic fitness?. *Int J Sports Med.* 1996;17(5):356-359.
<https://doi.org/10.1055/s-2007-972860>
47. Rivera-Brown AM, Rivera MA, Frontera WR. Applicability of criteria for VO2max in active adolescents. *Pediatr. Exerc. Sci.* 1992;4(4): 331-339, 1992.
48. Mahon AD, Marsh ML. Ventilatory threshold and VO2 plateau at maximal in 8- to 11-year old children. *Pediatr. Exerc. Sci.* 1993;5(4): 332-338.
49. Cohen J, Cohen P, West SG, Aiken LS. *Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Science.* New York: Routledge; 2013.
50. Lundby C, Montero D, Joyner M. Biology of VO₂ max: looking under the physiology lamp. *Acta Physiol (Oxf).* 2017;220(2):218-228.
51. Grant JA, Joseph AN, Campagna PD. The Prediction of Vo2max: A Comparison of 7 Indirect Tests of Aerobic Power. *J Strength Cond Res.* 1999 Nov;13(4):346-352.
52. Peric R, Nikolovski Z. Validation of four indirect VO2max laboratory prediction tests in the case of soccer players. *J. Phys. Educ. Sport.* 2017 Jul;17(2):608-613.

53. Park SH, Kim C G. Effects of aerobic exercise on waist circumference, VO₂ max, blood glucose, insulin, and lipid index in middle-aged women: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Health Care Women Int.* 2022;43(10-11):1158-1180.
54. Gadoury C, Léger L. (1986). Validité de l'épreuve de course navette de 20m avec paliers de 1minute et du physitest canadien pour prédire le V02 max. des adultes. *Revue des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives.* 1986;7(13):57-68.
55. Dyson K, Gilson ND, Starkey SA, Gray MP, Butterly RJ, C00ke CB. Suitability of the 20-m shuttle run test for prediction of aerobic power in young children. *J Sports Sci.* 1996;14(1):78.
56. Martínez-Lagunas V, Niessen M, Hartmann U. Women's football: Player characteristics and demands of the game. *J. Sport Health Sci.* 2014;3(4):258-272.
57. Prado DML, Dias RG, Trombetta IC. Comportamento das variáveis cardiovasculares, ventilatórias e metabólicas durante o exercício: diferenças entre crianças e adultos. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia,* 87(Arq. Bras. Cardiol. 2006;87(4):e149-e155.
58. Rondon MU, Forjaz CL, Nunes N, Amaral SL, Barretto AC, Negrão CE. Comparação entre a prescrição de intensidade de treinamento físico baseado na avaliação ergométrica convencional e na ergoespirométrica. *Arq Bras Cardiol.* 1998;70(3):159-66.
59. Rusdiana A. Analysis Differences of Vo2max between Direct and Indirect Measurement in Badminton, Cycling and Rowing. *J. Appl. Physiol.* 2020;9:2322-3537.
60. Peserico CS, Mezzaroba PV, Silva DF, Kravchychyn ACP, Alves JCC, Machado FA. (2018). Concentrações de lactato sanguíneo após teste incremental máximo em corredores com diferentes idades. *Rev. Bras. Educ. Fís. Esp.* 2018;32(1):5-16.
61. Duarte MFS, Duarte CR. Validade do teste aeróbico de corrida de vai-e-vem de 20metros. *Rev. Bras. Ciên. e Mov.* 2001;9(3):7-14.
62. Chung J, Lee K. A Comparison of the Validity of Three Exercise Tests for Estimating Maximal Oxygen Uptake in Korean Adults Aged 19-64 Years. *Applied Sci.* 2022;12(3):1371.
63. Kline GM, Porcari JP, Hintermeister R, Freedson PS, Ward A, McCarron RF, et al. Estimation of VO₂max from a one-mile track walk, gender, age, and body weight. *Med Sci Sports Exerc.* 1987 Jun;19(3):253-259.
64. Wiley JF, Shaver LG. Prediction of maximum oxygen intake from running performances of untrained young men. *Res. Q.* 1972 Mar;43(1):89-93.

65. Rocha AM, Herdy AH, Souza P. (2019). Comparative Analysis of Direct and Indirect Methods for the Determination of Maximal Oxygen Uptake in Sedentary Young Adults. *Int. J. Cardiovasc. Sci.* 2019;32(4):362-367.
66. Castro-Piñero J, Artero EG, España-Romero V, Ortega FB, Sjöström M, Suni J, et al. Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2010 Oct;44(13):934-943.
67. Ruiz, JR, Ramirez-Lechuga J, Ortega FB, Castro-Piñero J, Benitez JM, Arauzo-Azofra A, et al. Artificial neural network-based equation for estimating VO2max from the 20 m shuttle run test in adolescents. *Artif Intell Med.* 2008;44(3):233-245.
68. Koutlianos N, Dimitros E, Metaxas T, Cansiz M, Deligiannis A, Kouidi E. (2013). Indirect estimation of VO2max in athletes by ACSM's equation: valid or not?. *Hippokratia.* 2013;17(2):136-140.
69. Araújo CGS, Herdy AH, Stein R. Medida do consumo máximo de oxigênio: valioso marcador biológico na saúde e na doença. *Arq. Bras. Cardiol.* 2013;100(4):e51-e53.
70. Kline GM, Porcari JP, Hintermeister R, Freedson PS, Ward A, McCarron RF, et al. Estimation of VO2max from a one-mile track walk, gender, age, and body weight. *Med Sci Sports Exerc.* 1987;19(3):253-259.
71. Larsen GE, George JD, Alexander JL, Fellingham GW, Aldana SG, Parcell AC. Prediction of maximum oxygen consumption from walking, jogging, or running. *Res. Q. Exerc. Sport.* 2002 Mar;73(1):66-72.
72. Cooper SM, Baker JS, Tong RJ, Roberts E, Hanford M. The repeatability and criterion related validity of the 20 m multistage fitness test as a predictor of maximal oxygen uptake in active young men. *Br J Sports Med.* 2005;39:1-7.

Anexo A

Protocolo de Ellestad (26).

Tempo em minutos	Velocidade em km/h	Inclinação do tapete rolante
3	2,7	10%
2	4,8	10%
2	6,4	10%
3	8	10%
2	8	15%
2	9,7	15%

Anexo B

Pedido de autorização/Consentimento informado

Chamo-me Laissa Saldanha e sou bolsista no departamento no Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano (CIDESD-IPB). No âmbito da elaboração da minha dissertação de mestrado, estou a recolher dados relativos à aptidão física de jovens e adultos. Acompanham-me neste projeto o Professor Doutor Vítor Pires Lopes, docente do departamento de Ciências do Desporto da ESE-IPB e membro integrado do CIDESD.

Este projeto tem como propósito validar um instrumento relacionado com a capacidade cardiorrespiratória.

Neste sentido, venho solicitar a participação do seu educando neste projeto, de forma voluntária e **anónima**, através da realização de três testes: um será realizado em uma passadeira do ginásio MS FITCLUB e os outros dois no pavilhão da Escola Superior de Educação ESSE-IPB. Os dados serão acedidos e utilizados unicamente pela equipa de investigação e no final do projeto serão destruídas.

Muito obrigada pela cooperação e atenção dispensadas.

Laissa de Sousa Saldanha.

Eu _____, declaro que fui informado(a) dos objetivos e procedimentos no âmbito do projeto relativo à aptidão física de jovens e adultos e que me foi dada a oportunidade de esclarecer as minhas dúvidas. Assim, declaro ainda que é de livre vontade, e em posse da informação necessária, que permito que o meu educando participe nos dois testes no contexto desse projeto. Tendo em conta que será sempre respeitado o anonimato, e autorizo a sua utilização por parte da equipa de investigação para os fins académicos descritos, sendo assegurado o cumprimento da legislação em vigor, nomeadamente o Regulamento Geral de Proteção de Dados, e garantindo-se todas as medidas de segurança adequadas.

Participante da pesquisa:

Bragança, _____ de janeiro de 2023.