

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

RODRIGO BAUMANN VELHO

ANÁLISE DA DIFERENÇA MÍNIMA DETECTÁVEL  
DE CORREDORES TREINADOS: UM ESTUDO DE CASO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CURITIBA  
2021

RODRIGO BAUMANN VELHO

ANÁLISE DA DIFERENÇA MÍNIMA DETECTÁVEL  
DE CORREDORES TREINADOS: UM ESTUDO DE CASO

ANALYSIS OF THE JUST NOTICEABLE DIFFERENCE IN TRAINED  
RUNNERS: A CASE STUDY

Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito para a obtenção do título de “Mestre em Educação Física” – Área de concentração: Exercício Físico e Esporte.

Orientadora: Maressa Priscila Krause Mocellin, PhD.

CURITIBA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Curitiba**



RODRIGO BAUMANN VELHO

**ANÁLISE DA DIFERENÇA MÍNIMA DETECTÁVEL DE CORREDORES TREINADOS: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ciência Da Atividade Física Do Exercício E Esporte da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Ciências Do Movimento Humano.

Data de aprovação: 11 de maio de 2021

Prof.a Maressa Priscila Krause Mocellin, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Fabiano De Macedo Salgueirosa, Doutorado - Universidade Positivo (UP)

Prof Júlio Cesar Bassan, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 12/05/2021.

## RESUMO

VELHO, RODRIGO BAUMANN. **ANÁLISE DA DIFERENÇA MÍNIMA DETECTÁVEL DE CORREDORES TREINADOS: UM ESTUDO DE CASO**. 50 f. Dissertação de mestrado do programa de Pós-Graduação em Educação Física. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2021.

**Introdução:** O termo “diferença mínima detectável”, provém da psicofísica “*just noticeable difference*” (JND); sendo conceituado como a magnitude fisicamente mensurável em que um estímulo sensorial pode ser percebido em relação a outro estímulo, designado de padrão. Esta diferença pode ser acima (JND-A) ou abaixo (JND-B) do estímulo padrão ou a magnitude total de ambos (JND-T). A determinação da magnitude dessas diferenças pode indicar a precisão perceptual do indivíduo. **Objetivos:** Identificar a diferença mínima detectável de corredores treinados do sexo masculino. **Metodologia:** Foi realizado um estudo de caso com dois atletas, com no mínimo dois anos de experiência em corrida. Foram realizados dois testes experimentais, o primeiro foi conduzido para determinar o consumo máximo de oxigênio e, então, calcular individualmente o valor de  $60\%VO_{2max}$ . Dessa forma, essa variável foi utilizada na série padrão do segundo teste experimental, assim como as demais variáveis dependentes atreladas ao momento em que ocorreu o  $60\%VO_{2max}$ . Os dados são apresentados de forma descritiva. **Resultados:** No caso 1, a magnitude do JND foi superior nas séries acima do padrão para todas as variáveis analisadas ( $VO_2$ ,  $\%VO_2$ , FC, velocidade e PSE). No caso 2, a magnitude foi superior nas séries abaixo do padrão em todas as variáveis, exceto PSE. Em ambos os casos, o intervalo de dados apresentou variações elevadas. **Conclusão:** A acuidade perceptual dos participantes foi identificada através da utilização do JND, apresentando diferenças nas magnitudes e uma elevada variação no intervalo de dados das variáveis analisadas, especialmente no  $VO_2$ .

**Palavras-chave:** Diferença mínima detectável, JND, acuidade perceptual, corrida.

## ABSTRACT

VELHO, RODRIGO BAUMANN. **ANALYSIS OF THE JUST NOTICEABLE DIFFERENCE IN TRAINED RUNNERS: A CASE STUDY**. 2021. 50 pages. Master's Degree Thesis of the postgraduate program in Physical Education. Federal Technological University of Paraná - UTFPR. Curitiba, 2021.

**Background:** The just noticeable difference (JND) comes from the psychophysics, being conceptualized as the physically measurable magnitude in which a sensory stimulus can be perceived in relation to another stimulus, called the standard. This difference can be above (JND-A) or below (JND-B) from the standard stimulus or the total magnitude of both (JND-T). Determining the magnitude of these differences may indicate the individual's perceptual accuracy. **Objectives:** To identify the just noticeable difference of trained male runners. **Methodology:** A case study was carried out, Athlete A and Athlete B, with at least two years of experience in running. Two experimental tests were carried out, the first was conducted to determine the maximum oxygen consumption and, then, individually calculate the value of 60%  $VO_{2max}$ . Thus, this variable was used in the standard series of the second experimental test, as well as the other dependent variables linked to the moment when 60%  $VO_{2max}$  occurred. The data are presented in a descriptive manner. **Findings:** In case 1, the magnitude of the JND was higher in the series above the standard for all variables analyzed ( $VO_2$ , % $VO_2$ , HR, speed and PSE). In case 2, the magnitude was higher than the standard in all variables, except PSE. In both cases, the data range showed high variations. **Conclusion:** The participants' perceptual acuity was identified through the use of JND, showing differences in magnitudes and a high variation in the data interval of the analyzed variables, especially in  $VO_2$ .

**Keywords:** Just noticeable difference, JND, perceptual acuity, running.

## LISTA DE FIGURAS

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Figura 1  | Estrutura e processos no plano de movimento voluntário.                                 | 15 |
| Figura 2  | Sessão Experimental JND.  | 24 |
| Figura 3A | Comparação entre as séries $VO_2$ acima vs. abaixo. Atleta A                            | 28 |
| Figura 3B | Comparação entre as séries $VO_2$ acima vs. abaixo. Atleta B                            | 28 |
| Figura 4A | Comparação entre as séries $\%VO_2$ acima vs. abaixo. Atleta A                          | 29 |
| Figura 4B | Comparação entre as séries $\%VO_2$ acima vs. abaixo. Atleta B                          | 29 |
| Figura 5A | Comparação da frequência cardíaca entre as séries acima vs. abaixo. Atleta A            | 29 |
| Figura 5B | Comparação da frequência cardíaca entre as séries acima vs. abaixo. Atleta B            | 29 |
| Figura 6A | Comparação da percepção subjetiva do esforço entre as séries acima vs. abaixo. Atleta A | 30 |
| Figura 6B | Comparação da percepção subjetiva do esforço entre as séries acima vs. abaixo. Atleta B | 30 |
| Figura 7A | Comparação da velocidade entre as séries acima vs. abaixo. Atleta A                     | 30 |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 7B  | Comparação da velocidade entre as séries acima vs. abaixo. Atleta B   | 30 |
| Figura 8A  | Comparação da diferença mínima detectável no $\text{VO}_2$ entre as séries acima vs. abaixo do padrão. Atleta A       | 31 |
| Figura 8B  | Comparação da diferença mínima detectável no $\text{VO}_2$ entre as séries acima vs. abaixo do padrão. Atleta B       | 31 |
| Figura 9A  | Comparação da diferença mínima detectável no $\% \text{VO}_2$ entre as séries acima vs. abaixo do padrão. Atleta A    | 31 |
| Figura 9B  | Comparação da diferença mínima detectável no $\% \text{VO}_2$ entre as séries acima vs. abaixo do padrão. Atleta B    | 31 |
| Figura 10A | Comparação da diferença mínima detectável na frequência cardíaca entre as séries acima vs. abaixo do padrão. Atleta A | 32 |
| Figura 10B | Comparação da diferença mínima detectável na frequência cardíaca entre as séries acima vs. abaixo do padrão. Atleta B | 32 |
| Figura 11A | Comparação da diferença mínima detectável na PSE entre as séries acima vs. abaixo do padrão. Atleta A                 | 32 |
| Figura 11B | Comparação da diferença mínima detectável na PSE entre as séries acima vs. abaixo do padrão. Atleta B                 | 32 |
| Figura 12A | Comparação da diferença mínima detectável na velocidade entre as séries acima vs. abaixo do padrão. Atleta A          | 33 |
| Figura 12B | Comparação da diferença mínima detectável na velocidade entre as séries acima vs. abaixo do padrão. Atleta B          | 33 |

## LISTA DE TABELAS

|          |                             |    |
|----------|-----------------------------|----|
| Tabela 1 | Características da amostra. | 27 |
| Tabela 2 | Descrição do teste 1.       | 27 |



## LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

|                          |   |
|--------------------------|---|
| JND                      | Diferença Mínima Detectável                             |
| JND A                    | Diferença Mínima Detectável Acima                       |
| JND B                    | Diferença Mínima Detectável Abaixo                      |
| JND T                    | Diferença Mínima Detectável Total                       |
| VO <sub>2</sub>          | Volume de Oxigênio                                      |
| VO <sub>2max</sub>       | Consumo Máximo de Oxigênio                              |
| VO <sub>2ml/kg/min</sub> | Volume de Oxigênio em mililitros quilogramas por minuto |
| VO <sub>2l/min</sub>     | Volume de Oxigênio em litros por minuto                 |
| PSE                      | Percepção Subjetiva do Esforço                          |
| FC                       | Frequência Cardíaca                                     |
| SNC                      | Sistema Nervoso Central                                 |
| OTG                      | rgos Tendinosos de Golgi                              |
| ATP                      | Adenosina Trifosfato                                    |
| PC                       | Creatina Fosfato  |
| SPSS                     | Statistical Packpage for the Social Science             |
| IMC                      | ndice de Massa Corporal                                |

## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                 | <b>10</b> |
| 1.1      | Objetivos.....                         | 11        |
| 1.1.1    | Objetivo Geral.....                    | 11        |
| 1.1.2    | Objetivos Específicos.....             | 11        |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>        | <b>12</b> |
| 2.1      | Sistema Neuromuscular.....             | 12        |
| 2.2      | Psicofísica.....                       | 16        |
| 2.3      | Sistemas Energéticos.....              | 17        |
| 2.4      | Autorregulação.....                    | 19        |
| 2.5      | Percepção Subjetiva do Esforço.....    | 20        |
| <b>3</b> | <b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>        | <b>23</b> |
| 3.1      | Tipo de Estudo.....                    | 23        |
| 3.2      | Participantes.....                     | 23        |
| 3.3      | Procedimentos e Instrumentos.....      | 23        |
| 3.4      | Variáveis.....                         | 26        |
| 3.5      | Análise JND.....                       | 26        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS.....</b>                 | <b>27</b> |
| <b>5</b> | <b>DISCUSSÃO.....</b>                  | <b>34</b> |
| <b>6</b> | <b>LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....</b>       | <b>37</b> |
| <b>7</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>       | <b>38</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b> | <b>39</b> |
|          | <b>APÊNDICE.....</b>                   | <b>45</b> |
|          | <b>ANEXOS.....</b>                     | <b>47</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O termo “diferença mínima detectável”, provém da psicofísica “*just noticeable difference*”; sendo conceituado como a magnitude fisicamente mensurável em que um estímulo sensorial pode ser percebido em relação a um outro estímulo, designado de estímulo padrão. Esta diferença pode ser acima (JND-A) ou abaixo (JND-B) do estímulo padrão ou a magnitude total de ambos (JND-T). Neste sentido, a determinação da magnitude dessas diferenças indicará a capacidade subjetiva de acuidade sensório-perceptual do indivíduo, ou seja, quanto maior a magnitude dessas diferenças, menor será a precisão sensório-perceptual (HAILE et al., 2012).

Esse conceito possui grande aplicabilidade na área de saúde, como nos exames de determinação da acuidade auditiva, realizados desde a década de 1980 (CREMER e MULLER, 1982); todavia, na área esportiva, a literatura ainda se apresenta muito escassa. Algumas pesquisas abordaram indiretamente este tema, investigando a estratégia de autorregulação de atletas, a partir de instruções padronizadas previamente conhecidas pelos avaliados, como duração do evento esportivo, intensidade alvo, número de “*sprints*” realizados, ou mesmo pela experiência prévia (THIEL, FOSTER, BANZER E KONING, 2012; SHEPHARD, 2009; KONING, et al., 2011; NOAKES, 2007; WEIR et al., 2006; ULMER, 1996).

Sendo assim, é notória a existência de um processamento de informações que depende de estímulos sensoriais, que vão desde o conhecimento prévio de características da tarefa e dos ajustes cognitivos, até a tomada de decisão e efetivação da ação motora que influenciará na realização de uma tarefa ou no desempenho esportivo. Assim, espera-se que quanto maior a acuidade do indivíduo, maior será a capacidade de realizar os ajustes necessários para efetivar o gesto motor com uma dose ideal de demanda metabólica e musculoesquelética que maximize o desempenho e possa minimizar erros, como a fadiga (THIEL et al., 2012; SHEPHARD, 2009).

A aplicação deste conceito na área esportiva foi recentemente investigada por Haile et al., (2012), em adultos jovens ativos, não atletas, avaliados durante exercício em cicloergômetro. O experimento identificou a magnitude da diferença mínima detectável na percepção do esforço físico acima (JND-A) e abaixo (JND-B) de um estímulo padrão, baseando-se em parâmetros fisiológicos (limiar ventilatório e

valor máximo do consumo de oxigênio atingido em teste –  $VO_{2\text{pico}}$ ) e perceptuais (percepção subjetiva de esforço - OMNI-Cycle RPE Scale). Os autores concluíram que há diferenças significativas nas magnitudes do JND, sendo o JND-B estatisticamente maior do que o JND-A, tanto em parâmetros fisiológicos, como valores perceptuais e físicos ( $p < 0,05$ ). Com base nos resultados encontrados, os autores concluíram que a utilização do JND pode ser efetiva para avaliar a acuidade e a precisão perceptual, e conseqüentemente, aprimorar o processo de autorregulação durante exercícios físicos.

As evidências apresentadas podem apresentar uma maior relevância e aplicabilidade em atletas que dependem de ajustes constantes durante um evento esportivo para obter o melhor desempenho, minimizando a fadiga; além de que, pequenos erros de decisões e efetivação da tarefa podem comprometer o desempenho ao ponto de definir o vencedor. Considerando essa abordagem psicofisiológica e a carência na área esportiva, a presente pesquisa propõem avaliar a acuidade sensório-perceptual de dois corredores do sexo masculino, treinados e experientes, utilizando-se da metodologia clássica da psicofísica por meio do JND em relação a um estímulo padrão.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Identificar a Diferença Mínima Detectável (JND) de dois corredores treinados do sexo masculino.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Mensurar o nível de condicionamento cardiorrespiratório.

Determinar o estímulo padrão.

Identificar o JND acima e abaixo do estímulo padrão.

Comparar a diferença entre o JND acima e abaixo do estímulo padrão.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 SISTEMA NEUROMUSCULAR

O sistema nervoso é a base para todas as comunicações do organismo, é o meio pelo qual o corpo humano recebe, processa, integra e responde a todas as informações relacionadas aos ambientes interno e externo. Sua divisão consiste em duas porções principais: O sistema nervoso central (SNC), que inclui o encéfalo e a medula espinhal e o sistema nervoso periférico, que inclui os nervos localizados além do SNC (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2017). Atuando de modo integrado com o sistema endócrino, o SNC faz o gerenciamento das informações para o controle do ambiente interno, garantindo a liberação adequada de hormônios para a homeostase corporal. No organismo, todos os eventos são captados por órgãos sensoriais específicos, que atuam como mensageiros do SNC, possibilitando o gerenciamento das estruturas e de todas as mensagens e respostas necessárias para a coordenação das ações musculares voluntárias (Figura 1). Além disso, o SNC também realiza a programação dos reflexos da medula espinhal e o armazenamento de informações que são fundamentais para a memória e o aprendizado (POWERS; HOLLEY, 2005).

Todas as reações orgânicas necessárias para manter integridade do organismo são coordenadas por intermédio de um sistema de controle biológico integrado, que envolve uma série de componentes que operam de modo interconectado e realizam ajustes para manter a funcionalidade do corpo humano em parâmetros normais. Os componentes gerais do sistema de controle são: (1) um receptor aferente, (2) um centro de integração e (3) um mecanismo efetor. O sinal que inicia o trabalho do sistema de controle é um estímulo (exemplo: alterações detectáveis no ambiente), como mudanças de temperatura. Neste caso, os órgãos sensoriais identificam a alteração e enviam um sinal de alerta ao centro de integração, o qual, vai mensurar a magnitude do estímulo e enviar uma resposta adequada para o componente efetor, que será responsável por realizar a correção do distúrbio de modo que as alterações do ambiente interno sejam ajustadas. Essa reação integrada leva a uma diminuição significativa do estímulo original que disparou o alerta do sistema de controle. Tal procedimento, é denominado como

feedback negativo e possibilita que as funções corporais se mantenham em equilíbrio constante (BERNE; LEVY, 2009).

As unidades funcionais do SNC, que reagem aos estímulos físicos e as alterações químicas do seu ambiente, são conhecidas como neurônios, células específicas que integram e regulam grande parte das funções vitais do organismo. A porção motora somática do sistema nervoso periférico é responsável por realizar a transmissão das mensagens neurais da medula espinhal até as fibras musculares esqueléticas. A musculatura esquelética é innervada por células denominadas de motoneurônios, as quais, o corpo celular está inserido na medula espinhal. O axônio de cada motoneurônio se estende até o músculo, dividindo-se em ramos colaterais que se inervam nas fibras musculares, dando origem a uma unidade motora específica. Os motoneurônios, similarmente ao tecido contrátil, são unidades extremamente responsivas aos estímulos neurais e, quando solicitados, proporcionam o recrutamento de todas as fibras musculares da unidade motora em que estão inseridos (KRAEMER; FLECK; DESCHENES, 2016).

Em relação aos padrões de movimento, as vias aferentes envolvem os receptores que fornecem informações ao SNC sobre o posicionamento corporal. Neste caso, os receptores são conhecidos como proprioceptores ou receptores cinestésicos e, incluem: Os fusos musculares, os órgãos tendinosos de golgi (OTG) e os receptores das articulações e dos tendões. Os principais proprioceptores envolvidos em correções do padrão de movimento são as terminações nervosas livres, os OTG e os corpúsculos de pacini. A musculatura esquelética, também conta com quimiorreceptores, que são sensíveis a alterações do ambiente químico que circunda o músculo e enviam as informações necessárias ao SNC, especialmente em relação a taxa metabólica referente a atividade muscular. Por sua vez, os reflexos musculares fornecem ao corpo um meio inconsciente de reagir a uma gama de estímulos. O arco reflexo, é a via nervosa do receptor ao SNC e do SNC novamente ao órgão efetor através da via muscular, que age como um mecanismo protetor, especialmente em situações espontâneas de defesa, necessárias para preservar a integridade do organismo (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2017; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2011).

As respostas adaptativas neurofisiológicas do sistema muscular caracterizam-se, basicamente, pela relação entre os estímulos provenientes do sistema nervoso central e o recrutamento efetivo das unidades motoras, conduzindo assim, a uma

aprimoração funcional do gesto motor ou padrão correto do movimento desejado. Toda via, ressalta-se, que alguns movimentos corporais ocorrem tão rapidamente que não há tempo para que os impulsos nervosos percorram toda a periferia corporal até o cérebro e retornem para a periferia novamente para que ocorra o controle ideal do movimento. Neste caso, o cérebro utiliza um mecanismo de controle adaptativo que é denominado como feed-forward, no qual, os sinais sensoriais das partes que se movem informam ao cérebro se o movimento é realizado corretamente (GUYTON e HALL, 2017).

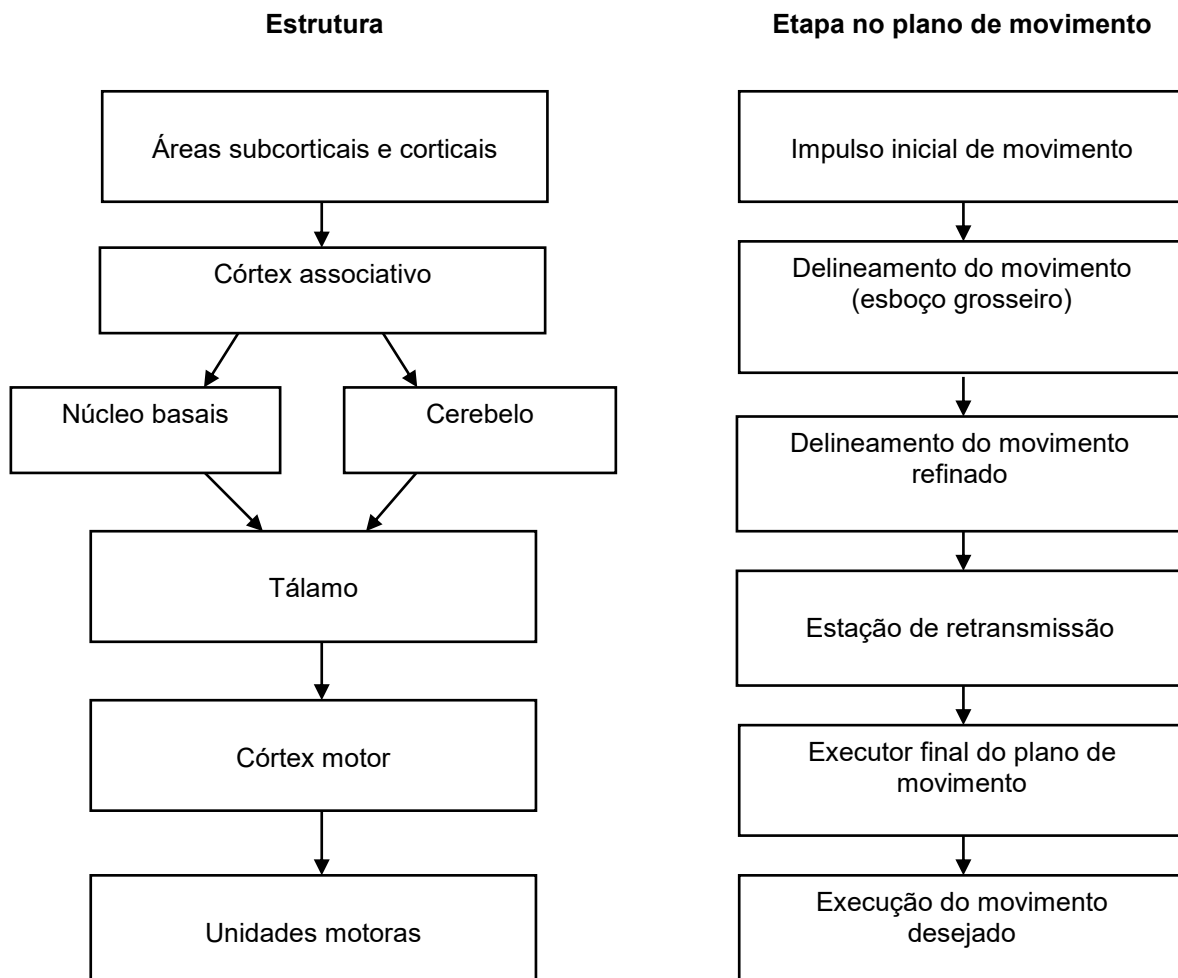
Em relação as respostas ao exercício físico, o ganho de força muscular obtido pelo treinamento resistido com pesos, é uma das principais respostas neurofisiológicas que ocorrem no organismo, devido a uma adaptação morfofuncional que é relacionada a efetivação dos mecanismos de coordenação intramuscular e intermuscular (ALVES et al., 2018). Além das adaptações morfológicas e funcionais, também ocorrem adaptações metabólicas, ambas devido as modificações na estrutura muscular e na efetivação dos mecanismos bioquímicos envolvidos em diferentes formas de se realizar o treinamento, que são claramente evidenciadas pelo aumento das reservas energéticas do sistema glicolítico, creatina fosfato, capacidade mitocondrial, aumentos significativos da área de secção transversa e efetividade das respostas enzimáticas do tecido muscular (FOLLAND et al., 2007).

No treinamento de endurance, o processo adaptativo ocorre da mesma forma, o SNC se adapta as necessidades da demanda de treinamento, realizando uma ativação coordenada dos grupamentos musculares, aprimorando o gesto motor (KNUTTGEN E KOMI, 2003). Como resultado de um período de treinamento sistematizado, ocorre um aumentando nas conexões nervosas do SNC, as quais, são necessárias para o bom funcionamento dos órgãos e sistemas corporais. Desse modo, o desempenho físico se eleva gradualmente em decorrência das adaptações induzidas pelo processo de treinamento, como o aumento do limiar de lactato, volume máximo de oxigênio, força e potência muscular. Neste sentido, aumentar a resistência do organismo deve ser uma das principais preocupações ao estabelecer uma rotina planejada de treinamento. Desse modo, o *drive* neural, ou seja, a medida da combinação entre o recrutamento de unidades motoras e a taxa de codificação das unidades motoras ativas dentro do músculo, bem como, a velocidade dos disparos das unidades motoras em maiores quantidades, são efetivados e

respondem mais prontamente aos estímulos. Isto ocorre devido a maior excitabilidade dos neurônios e a sincronização das unidades motoras, que passam a atuar de forma mais rápida aumentando a taxa de geração de força muscular (KRAEMER; FLECK; DESCHENES, 2016).

Portanto, compreende-se, que a musculatura esquelética, bem como, os órgãos e sistemas corporais, trabalham de modo integrado e se ajustam as demandas que lhe são impostas, respondendo a estímulos variados e, se adaptando, para manter o equilíbrio funcional do organismo. A adaptação da musculatura esquelética, especificamente, ocorre tanto no âmbito metabólico e morfológico, como neurofisiológico, podendo as respostas ou os níveis de adaptação se estabelecerem em níveis diferentes, de acordo com a sistematização e do tipo de treinamento esportivo ou da rotina de exercícios realizados, bem como, as características individuais e ou genéticas do indivíduo que à pratica.

Figura 1 - Estrutura e processos no plano de movimento voluntário.



Fonte: POWERS, 2014. Adaptado pelo autor, 2021.



## 2.2 PSICOFÍSICA

O estudo da psicofísica objetiva compreender e descrever as relações entre os fenômenos físicos e sua interpretação psicológica, sendo as sensações o objeto principal de estudo (PASQUALI, 1996). A fundamentação que consolidou a psicofísica como uma área da ciência se deu por Gustav Theodor Fechner (1860), o qual, demonstrou em “Elemente der Psychophysik”, que estímulos podem induzir mudanças fisiológicas e emocionais. O objetivo central de Fechner foi examinar unidades físicas mensuráveis (exemplo: centímetros, graus e distância) e estabelecer a relação existente entre o estímulo e a sensação originada por ele. Estes experimentos foram fundamentais para a compreensão dos limiares sensoriais, dentre eles o limiar diferencial, que visa identificar a diferença necessária entre dois estímulos para que o indivíduo seja capaz de perceber uma mudança (NOBLE e ROBERTSON, 1996).

A sensibilidade sensorial relacionada ao limiar diferencial, refere-se à mínima quantidade de energia necessária para que ocorra uma experiência consciente de alteração na intensidade do estímulo, seja para mais ou para menos (FECHNER, 1860). A utilidade prática do limiar diferencial está em compreender a maneira como os receptores sensoriais do corpo humano reagem aos estímulos em diferentes faixas de intensidades, bem como, em comparações para estabelecer as diferenças na sensação em relação à estímulos inferiores e superiores (TREUTWEIN, 1995; EHRENSTEIN e EHRENSTEIN, 1999).

Atualmente, os métodos clássicos da psicofísica, juntamente com pesquisas da área psicofisiológica, estão dentre os conteúdos da ciência mais antigos que são utilizados pela psicologia, a qual, concentra seus estudos em análises do comportamento e compreensão do cérebro humano e dos processos mentais, seja em um único indivíduo ou em um grupo específico de pessoas (GAZZANIGA e HEATHERTON, 2007; VANDENBOS, 2010).

Nas últimas décadas, a maioria dos estudos psicofísicos buscou analisar o quão sensível é dado sistema sensorial, ou seja, compreender o limite entre a percepção ou não do estímulo físico (FARELL e PELLI, 1999). A aplicação do conhecimento relacionado as funções sensoriais e cerebrais direcionou a psicofísica para testes cada vez mais detalhados e eficazes. Nesse sentido, a significância perceptual hipotetizada para um determinado mecanismo ou área cerebral pode ser

estabelecida com exatidão através de avaliações por métodos psicofísicos (EHRENSTEIN e SCHRAUS, 1998).

Neste sentido, sobretudo na área esportiva, a ciência pode vir a maximizar o conhecimento sobre os aspectos relacionados a acuidade perceptual de atletas, especialmente através da utilização do conceito psicofísico denominado “Just Noticeable Difference – *JND*”, considerado um sinônimo do limiar da diferença proposto por Fechner; assim, o emprego deste conceito em testes específicos pode ser útil para determinar a diferença perceptual mínima detectável em relação as variáveis do treinamento esportivo. Através da sensação percebida, a acuidade pode ser avaliada, utilizando-se, de um estímulo comparativo acima e abaixo de um estímulo denominado como padrão, até que o indivíduo perceba uma diferença sentida igual ao estímulo padrão. Este método de ajuste permite a identificação do erro médio entre o estímulo padrão e ao erro aparentemente igual ao estímulo de comparação, determinando pela sensação o valor da diferença mínima detectável em relação ao estímulo (NOBLE e ROBERTSON, 1996; HAILE et al., 2012).

### 2.3 SISTEMAS ENERGÉTICOS

A energia necessária para a realização do exercício físico é fornecida quimicamente em forma de adenosina trifosfato (ATP). Sua liberação ocorre através da hidrólise do ATP, sendo a base essencial para o mecanismo de contração muscular, bem como, suprimento para as demandas vitais de todas as funções biológicas do organismo. Em exercício físico, a energia liberada pela hidrólise do ATP, através da enzima miosina ATPase, ativa as propriedades que exercem o desenvolvimento de força, permitindo a realização e a manutenção dos processos de contração muscular. O ATP é uma fonte imediata de liberação de energia, entretanto, as células possuem estoques limitados, portanto, o organismo conta com vias energéticas específicas, que atuam de modo integrado, convertendo os substratos alimentares em energia biologicamente utilizável e suprimindo as demandas fisiológicas do organismo (MAUGHAN et al., 2000; BOMPA, 2002).

As vias energéticas que possibilitam a manutenção da energia durante a realização de exercícios físicos, podem ser divididas da seguinte forma: (1) sistema fosfagênio; (2) sistema glicolítico e (3) sistema oxidativo. Os dois primeiros sistemas

são mecanismo de liberação de energia anaeróbios, ou seja, não precisam utilizar o oxigênio para gerar energia em suas reações químicas e, o terceiro sistema, é aeróbio, suas reações utilizam oxigênio para converter os substratos em energia.

No metabolismo anaeróbio, os sistemas atuam similarmente, mas com processos distintos. O sistema fosfagênio, age conforme a disponibilidade de creatina fosfato (PC), atuando de forma quase imediata para produzir ATP, sendo predominantemente nos primeiros 30 segundos de exercício físico até reduzir gradativamente suas reservas. Ressalta-se, que a PC também é importante para a transferência de grupos fosfato da mitocôndria ao citosol da célula, sendo então, uma via importante para equilíbrio das células musculares (ROBERTS e ROBERGS, 2004).

Posteriormente, o sistema glicolítico pode agir como via predominante, dependendo da intensidade do exercício físico, no qual, irá utilizar-se do metabolismo da glicose-6-fosfato, seja via glicose circulante ou quebra de glicogênio muscular armazenado, para reabastecer o ATP. A sua atividade pode ter duração média de 1 minuto e meio a 3 minutos, dependendo de uma série de reações que variam conforme o nível de tolerância e condicionamento físico do indivíduo (POWERS, 2014).

O sistema aeróbio, utiliza-se basicamente da quebra do glicogênio ou dos estoques de lipídeos intramusculares e de substratos presentes na corrente sanguínea (glicose circulante e ácidos graxos livres). Em suas reações ocorre a degradação destes substratos utilizando o oxigênio para abastecer o nível-substrato de fosforilação ou das reações da cadeia transportadora de elétrons e fosforilação oxidativa (MAUGHAN et al., 2000; ROBERTS e ROBERGS, 2004)

Ressalta-se, que os sistemas que disponibilizam energia são utilizados pelo organismo de acordo com a intensidade e a duração dos estímulos físicos, sendo efetivados conforme a sistematização do treinamento esportivo. A maioria dos esportes utiliza-se de duas vias de energia com demandas em diferentes níveis, ocorrendo uma sobreposição entre os sistemas. No entanto, o papel dominante do metabolismo aeróbio na maioria dos desportos, sugere que a efetivação desta via é fundamental para elevar a energia total disponível, mesmo em eventos anaeróbios (BOMPA, 2002; POWERS, 2014). Além disso, a alta potência aeróbia pode facilitar o processo de recuperação dos demais sistemas energéticos, possibilitando que o

indivíduo realize e sustente esforços em intensidades mais elevadas, tolerando a fadiga por um maior período de tempo (KRAEMER; FLECK; DESCHENES, 2016).

## 2.4 AUTORREGULAÇÃO

Nas últimas décadas, foi demonstrado que o rendimento físico durante atividades individuais, como a corrida, está intimamente relacionado a parâmetros fisiológicos, físicos e perceptuais, envolvendo o consumo máximo de oxigênio, ponto de compensação respiratória, economia de energia, velocidade e percepção subjetiva do esforço (MEYER, et al., 2004; SAUNDERS, et al., 2004; FOSTER, et al., 2007; LIMA-SILVA, et al., 2010; BERTUZZI, et al., 2013, ROBERTSON, 2004; BORG, 1982 ). Também é relatado que as respostas de tais parâmetros ao exercício podem ser influenciadas positivamente ou negativamente pela estratégia de regulação de ritmo adotada durante um evento esportivo (TUCKER, et al., 2006). A estratégia de regulação de ritmo refere-se a maneira, pela qual, os atletas distribuem o esforço físico durante a atividade e, conseqüentemente, seu gasto energético durante toda a competição.

Geralmente, as estratégias são utilizadas objetivando não apenas otimizar o desempenho na corrida, mas também evitar distúrbios homeostáticos excessivos durante uma prova (ABBIS, et al., 2008; TUCKER e NOAKES, 2009; TUCKER, 2009). Neste sentido, os atletas tendem a regular o esforço físico antecipadamente na tentativa de evitar a fadiga e a interrupção da atividade; baseando-se, na percepção do esforço, experiência prévia, temperatura corporal, disponibilidade energética e ou altimetria do percurso (ST CLAIR GIBSON et al., 2003; MAUGER et al., 2009; FOSTER et al., 2009; TUCKER et al., 2004; TUCKER et al., 2006; BALDWIN et al.; 2003; BADEN et al., 2005). Todavia, estudos têm demonstrado que a estratégia inadequada e a motivação excessiva são fatores que podem antecipar a fadiga e comprometer o desempenho, reduzindo a possibilidade de o indivíduo concluir a competição com resultado satisfatório (NOAKES, 2007; MARCORA, 2009; SHEPHARD, 2009; FOSTER, 1993).

Dentre as estratégias mais utilizadas estão: a) estratégia constante: o atleta mantém (ou altera pouco) a velocidade ao longo da prova; b) estratégia negativa ou decrescente: o atleta inicia a competição em alta velocidade e reduz ao longo da

prova; c) estratégia positiva ou crescente: o atleta inicia a competição com um ritmo mais lento e aumenta gradativamente até o final; e d) estratégias variáveis - a distribuição da velocidade não segue um padrão específico (CARMO et al., 2012). No entanto, a literatura aponta que não há um consenso em relação a uma estratégia que possibilite o melhor desempenho ou resultado durante competições (LOFTIN et al., 2009; BERTUZZI et al., 2006).

Além disso, algumas pesquisas evidenciam que o processo de regulação do esforço físico é complexo, sendo dependente da acuidade perceptual do indivíduo, ou seja, envolve um processamento neural, cognitivo, interpretações, tomada de decisões e ajustes corretivos, sendo necessário um aprimoramento do processo psicofisiológico para que os órgãos e sistemas corporais atuem em sinergia máxima, potencializando o desempenho (NOAKES, 2007; MARCORA, 2009; SHEPHARD, 2009).

Neste contexto, um estudo proposto por Tucker (2009), sugeriu que a percepção do indivíduo em relação as alterações homeostáticas podem ser refletidas pela PSE e, assim, permitir que determinada estratégia seja utilizada com maior eficiência, ajustando o ritmo de prova com base no feedback periférico de diferentes sensores fisiológicos. Além disso, Koning et al., (2011), afirmam que durante uma competição a probabilidade de mudança de velocidade seguindo uma estratégia está intimamente relacionada a PSE momentânea e, além disso, a percepção do atleta quanto ao tempo remanescente de prova é fundamental para que o controle de intensidade seja eficiente e o evento concluído com êxito.

## 2.5 PERCEPÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO

A inteligência psicológica é de suma importância para o sucesso do atleta no âmbito esportivo, especialmente em esportes de alto nível. Para os treinadores, é fundamental observar o exercício físico com base em dois ângulos: sua forma e seu conteúdo. Desse modo, é possível analisar o exercício e perceber que sua caracterização envolve vários fatores, como: objetivos, atividade do SNC, o esforço percebido, a contração ou o relaxamento muscular, a força e a inércia. Em muitos esportes, a capacidade e a inteligência para uma tomada de decisão, são resultados de um pensamento preciso e rápido. Ressalta-se, que um atleta excepcional não

impressiona somente pelas suas capacidades acima dos parâmetros normais ou pelas grandes capacidades biomotoras, mas também por sua percepção, a qual, tem uma relação direta na resolução rápida de problemas táticos ou motores complexos e inesperados. Neste sentido, seguindo uma rápida análise (separação da informação recebida pelo SNC em elementos), o atleta absorve informações significativas e as sintetiza para produzir uma resposta eficiente (BOMPA, 2002).

Noble e Robertson (1996), buscaram compreender os diversos fatores que envolviam a percepção dos estímulos durante exercício físico e apresentaram um modelo teórico, no qual, as respostas fisiológicas servem de mediadores para o ajuste da carga conforme a percepção de um determinado estímulo (exemplo: acidose metabólica, consumo de oxigênio, FC). De acordo com os autores, o efeito desse estímulo ocorre pela alteração das propriedades que geram tensão na musculatura esquelética. O aumento de tensão dos músculos periféricos e/ou respiratórios requisita do aumento dos comandos centrais do feedward que surgem do córtex motor. Cópias deste comando motor são enviadas ao córtex sensorial e os dados são subsequentemente integrados aos dados periféricos aferentes (feedback), produzindo os sinais da percepção do esforço. Além disso, aspectos psicológicos, experiências anteriores e sinais gerais de esforço também fazem parte das informações enviadas ao córtex sensorial. Desse modo, o processo final de percepção ocorre quando a elevação do sinal do córtex sensorial se junta ao conteúdo dos filtros de referência da percepção cognitiva. Este sinal é passado por uma matriz de eventos anteriores e atuais, que refletem características psicológicas e individuais. Dessa forma, ocorre a resposta da PSE, a qual, pode ser metabólica, respiratória, periférica-local ou global.

Atualmente, a percepção subjetiva do esforço tem grande aplicabilidade e vêm sendo utilizada no treinamento em diferentes esportes (NOAKES, 2004). A sua utilização pode fornecer ao atleta um diferencial em relação a interpretação dos estímulos e, conseqüentemente, auxiliar para que sejam realizados ajustes corretivos, tanto nos componentes fisiológicos, como biomecânicos. Neste contexto, a PSE reportada durante eventos esportivos, irá refletir o estado atual do atleta em relação a um conjunto de informações aferentes (coração, pulmões e sistema musculoesquelético), associados a um conjunto de informações de nível central, como a motivação, estado de humor e suas experiências prévias (KONING et al., 2011; PIRES et al., 2011; TUCKER, 2009).

Na corrida, especialmente, a percepção do atleta quanto ao esforço é fundamental e, deve estar alinhada com uma boa estratégia de ritmo. Neste contexto, diversas variáveis fisiológicas tem sido apontadas como responsáveis pelo controle do rendimento esportivo, como o estresse cardiovascular, a variabilidade da frequência cardíaca e a frequência respiratória, as quais, podem ser diretamente influenciadas pela estratégia escolhida para vencer os desafios de uma competição (BILLAT et al., 2006; LAMBERT, ST CLAIR GIBSON & NOAKES, 2005; NIELSEN et al., 2001; ST CLAIR GIBSON, BADEN, LAMBERT, LAMBERT, HARLEY, HAMPSON, RUSSELL & NOAKES, 2003).

Os estoques de energia intramuscular e as alterações metabólicas também tem sido sugeridas como importantes variáveis a serem observadas, por estarem diretamente relacionadas a manutenção do desempenho competitivo (COYLE, COGGAN, HEMMERT & IVY, 1986; COYLE et al., 1983; FOSTER et al., 1994; JONES et al., 2008; NIELSEN et al., 2001). Neste sentido, várias escalas de percepção subjetivo do esforço vêm sido utilizadas como parâmetros para o treinamento de atletas em diferentes modalidades esportivas, dentre elas, a escala OMNI-Walking/Runing Exercise (UTTER et al., 2004). Essa escala foi validada de acordo com a escala original de percepção subjetiva do esforço desenvolvida por Gunnar Borg (BORG, 1982), sugerida como um instrumento para quantificar a sensação do esforço gerada em atividades constantes. Assim sendo, destaca-se, especialmente nas modalidades de corrida, que o treinamento perceptual pode contribuir para a realização de ajustes eficientes no gesto motor, objetivando o controle da intensidade ideal para manter o rendimento máximo no esporte.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 TIPO DE ESTUDO

Esta pesquisa se classifica como estudo de caso. Os estudos de casos possibilitam coletar evidências e informações, a fim de descrever um ou mais casos individuais, mantendo o foco em aspectos variáveis intrasujeitos ao longo de um tempo determinado (SERRALTA; NUNES; EIZIRIK, 2011).

#### 3.2 PARTICIPANTES

O presente estudo foi constituído por dois corredores treinados. Foram incluídos no estudo dois atletas do sexo masculino, praticantes de corrida de rua e sem experiência prévia com a escala de percepção subjetiva do esforço (PSE-OMNI). Os participantes deveriam se encontrar na faixa etária entre 18 e 40 anos; com no mínimo dois anos de experiência na modalidade, com resultados obtidos abaixo de 25 ou 50 minutos em provas oficiais de 5 e 10 km, respectivamente. Foram excluídos 4 participantes devido a não conclusão das etapas de testagem.

#### 3.3 PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS

##### *Desenho Quasi-Experimental*

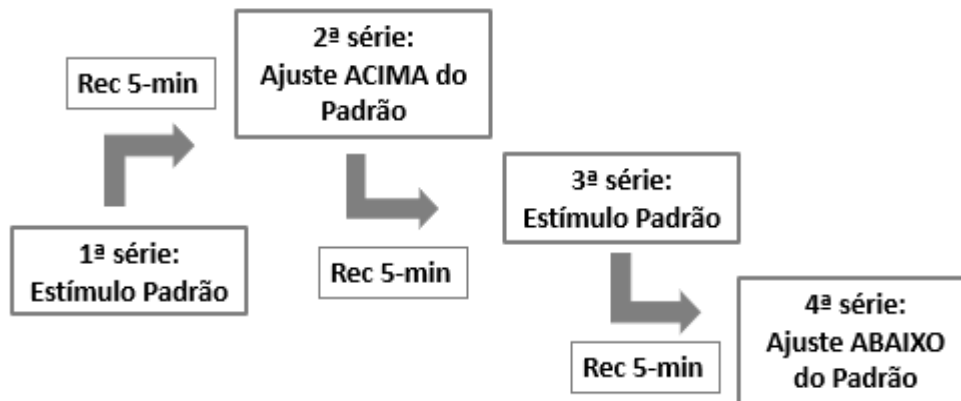
A pesquisa foi composta por duas sessões experimentais. A primeira sessão experimental foi designada de “Estimação”, na qual todos os participantes foram informados individualmente quanto ao protocolo do estudo e concordaram em assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), condicionando sua participação voluntária na pesquisa. Na sequência, foram coletadas as informações demográficas, como: nome completo, data de nascimento e telefone para contato, histórico médico e experiência com a corrida, e então, as medidas antropométricas (massa e estatura corporal) foram mensuradas. Posteriormente, foi realizado um



teste de esforço máximo em esteira (MYERS et al., 1991), a fim de determinar os parâmetros fisiológicos, perceptuais, físicos e o nível de condicionamento cardiorrespiratório.

Após 72 horas, a segunda sessão experimental, designada de “*Just Noticeable Difference*” – JND foi conduzida, sendo composta de quatro séries de corrida em esteira, com duração de cinco-minutos cada, e com um intervalo de recuperação de cinco minutos entre séries (Figura 2). Esta sessão determinou a diferença mínima detectável total (JND-T) e também acima (JND-A) e abaixo (JND-B) do parâmetro fisiológico (60% do Volume Máximo de Oxigênio –  $VO_{2max}$ ) estabelecido na primeira sessão experimental. Antes do início de cada teste, todos os indivíduos receberam instruções padronizadas acerca dos procedimentos de testagem por um investigador da pesquisa previamente treinado.

Figura 2 - Sessão Experimental Just Noticeable Difference (JND).



Fonte: Autoria própria, 2021.

### Primeira Sessão Experimental – Protocolo de Estimação

A sessão foi iniciada com o fornecimento do TCLE ao sujeito, na sequência, a massa e estatura corporal foram mensuradas utilizando uma balança com estadiômetro (marca Welmy, modelo 104A; resolução de 0,1 quilogramas e 0,5 centímetros) para posterior cálculo do IMC (LOHMAN et al, 1988). Na sequência, um investigador realizou o procedimento de ancoragem por memória da escala de percepção subjetiva do esforço (PSE) Scale *OMNI-Walk/Run* (UTTER, et al., 2004). Então, foi colocada a fita transmissora do cardiofrequenciômetro (Polar Electro Inc.,

Lake Success, NY, USA) no atleta, sendo posicionada a fita no tórax do sujeito e o receptor na esteira, finalizando com o posicionamento da máscara para a coleta das trocas gasosas na face do sujeito. Após uma breve testagem do posicionamento do atleta na esteira e da calibração do sistema de mensuração metabólica o teste máximo foi iniciado. O teste teve início com a velocidade de 6 km/h; após o primeiro estágio houve aumento de 0,8 km/h a cada estágio. A duração de cada estágio foi de 1-minuto. A inclinação foi de 1% durante todo o teste. O sujeito foi orientado a aumentar o seu ritmo até atingir a exaustão. Um procedimento de volta a calma foi realizado por até 5 minutos. A frequência cardíaca foi monitorada minuto a minuto durante todo o teste. Os gases expirados (oxigênio e gás carbônico) foram coletados e analisados por um circuito aberto de espirometria com intervalos de 30 segundos utilizando um Parvo Medics TrueMax 2400 Metabolic Measurement System (Salt Lake City, UT, USA). Todos os sujeitos receberam encorajamento verbal padronizado, objetivando o esforço máximo durante o teste. A PSE associada a todo o corpo foi estimada pelo sujeito durante cada minuto e exatamente no esforço máximo. Posteriormente, análises de regressão foram utilizadas para determinar a PSE, FC e a velocidade correspondente a 60% do  $VO_{2max}$ , determinando o estímulo padrão para a realização da segunda sessão experimental – o JND. A escolha do padrão de 60% do  $VO_{2max}$  foi determinada considerando um estímulo de intensidade intermediária entre leve e intenso.

#### Segunda Sessão Experimental – Protocolo JND

O teste foi composto por quatro séries com duração de cinco minutos cada, separados por cinco minutos de recuperação passiva na esteira. Durante as séries 1 e 3, os sujeitos realizaram o exercício com velocidade correspondente ao estímulo padrão. Durante as séries 2 e 4, os sujeitos receberam instruções para solicitar os ajustes e manter o nível de esforço acima ou abaixo da diferença mínima detectável (JND-A ou JND-B), vivenciado no estímulo padrão. A frequência cardíaca e o consumo de oxigênio foram mensurados continuamente durante o exercício. A PSE foi coletada ao termino da sessão. Nenhuma informação relativa à velocidade, frequência cardíaca ou consumo de oxigênio foram fornecidas ao sujeito.

## Procedimentos do JND - Séries 2 e 4

Os sujeitos foram instruídos a correrem durante cinco minutos a fim de determinar a magnitude da mínima diferença detectável acima (JND-A) e abaixo (JND-B) do estímulo padrão. A ordem de testagem dessas séries dos potenciais participantes foi aleatória. Os sujeitos receberam instrução padronizadas, lembrando para que realizassem o ajuste da velocidade a fim de determinar a mínima diferença detectável acima ou abaixo do padrão. Ao final do 5º minuto foram coletados os valores da Velocidade, PSE, FC e do VO<sub>2</sub> (média dos últimos 30 segundos) para as análises do JND.

### 3.4 VARIÁVEIS

As variáveis descritivas são: idade (anos), massa (kg) e estatura corporal (cm) e o índice de massa corporal (IMC). A variável independente foi determinada como 60% do VO<sub>2max</sub>, obtido no teste-1. As variáveis de interesse (dependentes) foram a velocidade (km/h), consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>), frequência cardíaca (bpm) e percepção subjetiva de esforço (OMNI-Walk/Running) obtidas ao final das séries do teste-2.

### 3.5 ANÁLISE JND

Os dados relacionados a Diferença Mínima Detectável (JND) podem ser mensurados e analisados através da diferença dos valores obtidos na série padrão para a série subsequente, seja acima ou abaixo do estímulo padrão (NOBLE e ROBERTSON, 1996). No presente estudo, após a coleta, todos os dados foram organizados em uma planilha e analisados individualmente no programa Microsoft Excel 2016. Primeiramente, foi realizada a análise da ativação dos atletas gerando os gráficos relacionados aos valores finais das séries acima e abaixo do padrão de cada variável dependente. Posteriormente, foram calculados os valores da diferença mínima detectável, gerando os gráficos de JND-A e JND-B, respectivamente.

## 4 RESULTADOS

Participaram desta pesquisa dois corredores treinados com no mínimo dois anos de experiência em corrida. O participante do caso 1 (Atleta A) com 34 anos, massa corporal de 66,5 kg e estatura 169 cm. E o participante do caso 2 (Atleta B) com 36 anos, massa corporal de 84,5 kg e estatura de 181 cm. O IMC foi 23,28 kg/m<sup>2</sup> e 25,79 kg/m<sup>2</sup>, indicando estado nutricional saudável para o Atleta A e sobrepeso para o Atleta B, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Características descritivas da amostra (n=2).

| Variáveis                | Atleta A | Atleta B |
|--------------------------|----------|----------|
| Idade (anos)             | 34       | 36       |
| Massa corporal (Kg)      | 66,5     | 84,5     |
| Estatura (m)             | 1,69     | 1,81     |
| IMC (Kg/m <sup>2</sup> ) | 23,28    | 25,79    |
| Ritmo 5km                | 3:42     | 4:00     |
| Ritmo 10km               | 4:00     | 4:12     |

*IMC: Índice de massa corporal; Ritmo: Melhor tempo em prova oficial no último ano.*

Fonte: Autoria Própria, 2021

O primeiro teste experimental foi conduzido para determinar o consumo máximo de oxigênio e, então, calcular individualmente o valor de 60%VO<sub>2max</sub>. Dessa forma, essa variável foi utilizada na série padrão do segundo teste experimental, assim como as demais variáveis dependentes atreladas ao momento em que ocorreu o 60%VO<sub>2max</sub> (Tabela 2).

Tabela 2 - Descrição do Teste 1 (n=2).

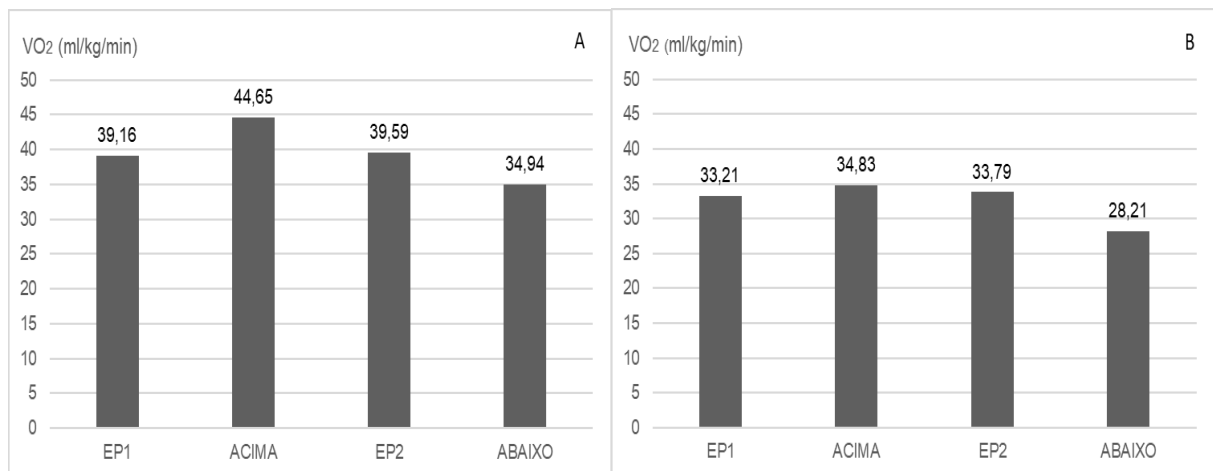
| Variáveis  | Atleta A | Atleta B |
|--|----------|----------|
| VO <sub>2max</sub> (ml/kg/min)                   | 60,68    | 51,29    |
| VO <sub>2max</sub> (l/min)                       | 4,03     | 4,30     |
| Velocidade-60%VO <sub>2max</sub> (km/h)          | 11,6     | 10       |
| PSE-60%VO <sub>2max</sub> (OMNI)                 | 2        | 2        |
| FC-60%VO <sub>2max</sub> (bpm)                   | 154      | 146      |
| VO <sub>2.60%VO<sub>2max</sub></sub> (ml/kg/min) | 36,40    | 30,77    |
| VO <sub>2.60%VO<sub>2max</sub></sub> (l/min)     | 2,42     | 2,58     |

*VO<sub>2</sub>: Volume de oxigênio; FC: Frequência Cardíaca; PSE: Percepção Subjetiva do Esforço.*

Fonte: Autoria Própria, 2021.

Conforme o estudo de Herdy et al., (2016), o valor médio do consumo máximo de oxigênio observado na presente pesquisa, classifica a aptidão cardiorrespiratória dos participantes como superior ao nível considerado excelente para a faixa etária ( $>49,77 \text{ VO}_{2\text{max}}$ ). Os resultados obtidos ao final das séries Acima/Abaixo do segundo teste experimental do atleta A são apresentados nas figuras 2A a 6A e os resultados do JND nas figuras 7A a 11A. Os resultados obtidos ao final das séries Acima/Abaixo do segundo teste experimental do atleta B são apresentados nas figuras 2B a 6B e os resultados do JND nas figuras 7B a 11B.

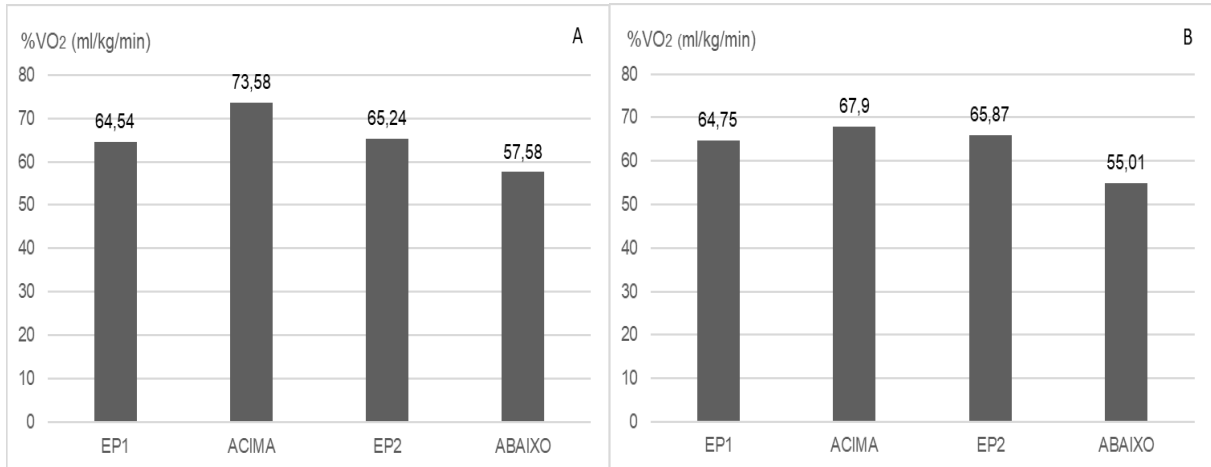
Figura 3A - Atleta A. Comparação entre as séries  $\text{VO}_2$  acima vs. abaixo. Figura 3B - Atleta B Comparação entre as séries  $\text{VO}_2$  acima vs. abaixo.



Fonte: Autoria Própria, 2021.

O Consumo de oxigênio em valores absolutos do atleta A foi maior na série acima do estímulo padrão do que na série abaixo. O consumo de oxigênio em valores absolutos do atleta B foi maior na série acima do estímulo padrão do que na série abaixo.

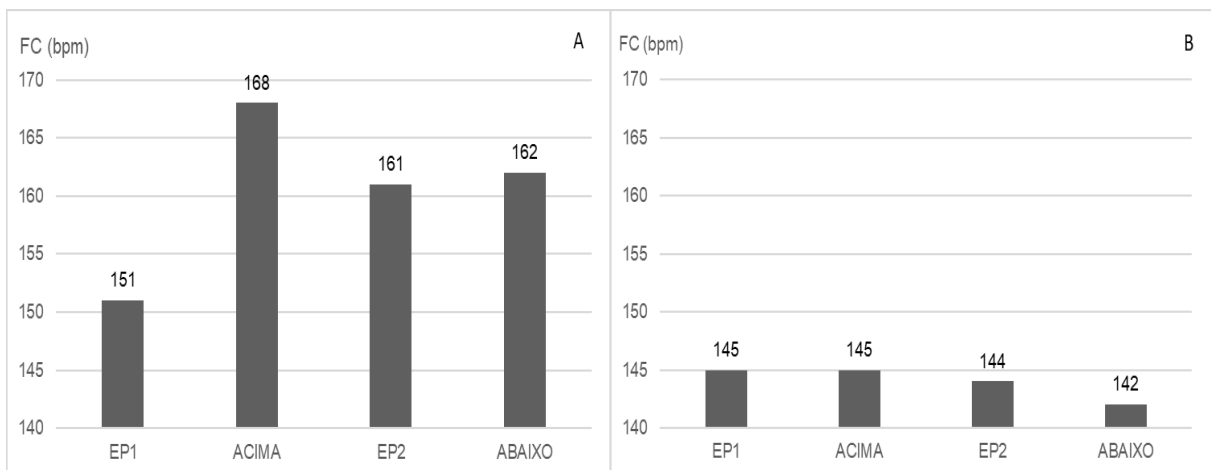
Figura 4A - Atleta A. Comparação entre as séries %VO<sub>2</sub> acima vs. abaixo. Figura 4B - Atleta B Comparação entre as séries %VO<sub>2</sub> acima vs. abaixo.



Fonte: Autoria Própria, 2021.

O Consumo de oxigênio em valores relativos do atleta A foi maior na série acima do estímulo padrão do que na série abaixo. O consumo de oxigênio em valores relativos do atleta B foi maior na série acima do estímulo padrão do que na série abaixo.

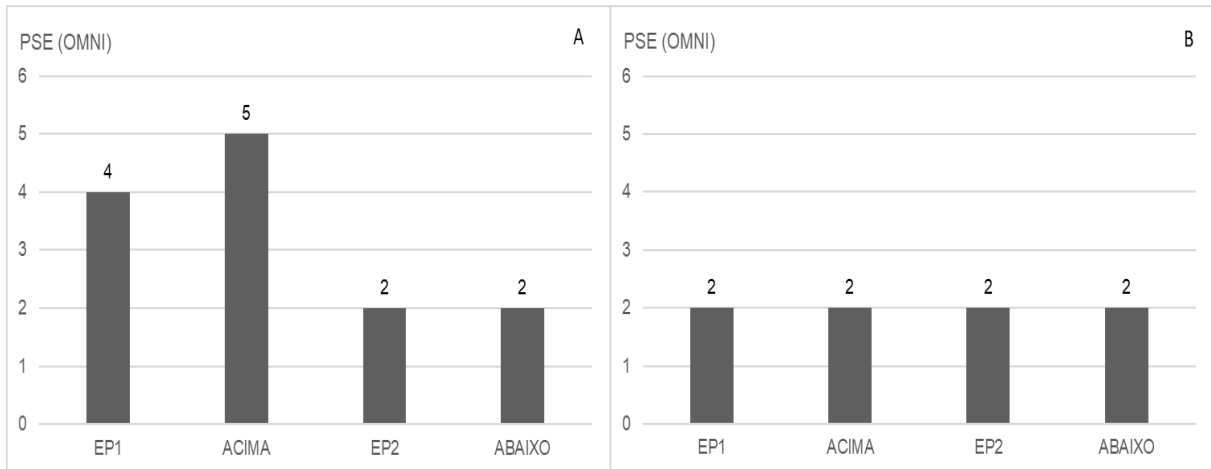
Figura 5A - Atleta A. Comparação da frequência cardíaca entre as séries acima vs. abaixo. Figura 5B - Atleta B. Comparação da frequência cardíaca entre as séries acima vs. abaixo



Fonte: Autoria Própria, 2021.

A frequência cardíaca do atleta A foi maior na série acima do estímulo padrão do que na série abaixo. A frequência cardíaca do atleta B foi maior na série acima do estímulo padrão do que na série abaixo.

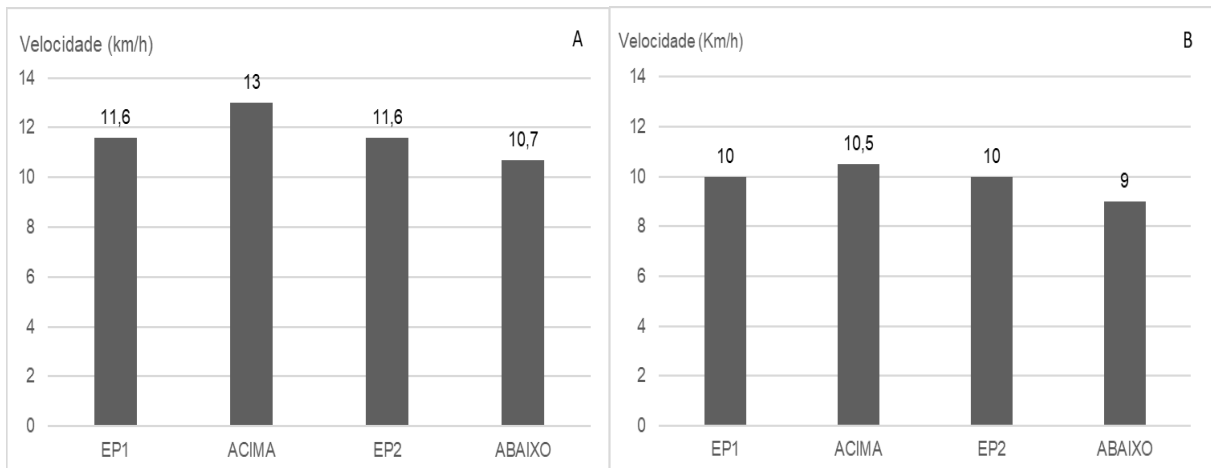
Figura 6A - Atleta A. Comparação da percepção subjetiva do esforço entre as séries acima vs. abaixo. Figura 6B - Atleta B. Comparação da percepção subjetiva do esforço entre as séries acima vs. abaixo.



Fonte: Autoria própria, 2021.

A percepção subjetiva do esforço do atleta A foi maior na série acima do estímulo padrão do que na série abaixo. A percepção subjetiva do esforço do atleta B foi igual na série acima e na série abaixo do estímulo padrão.

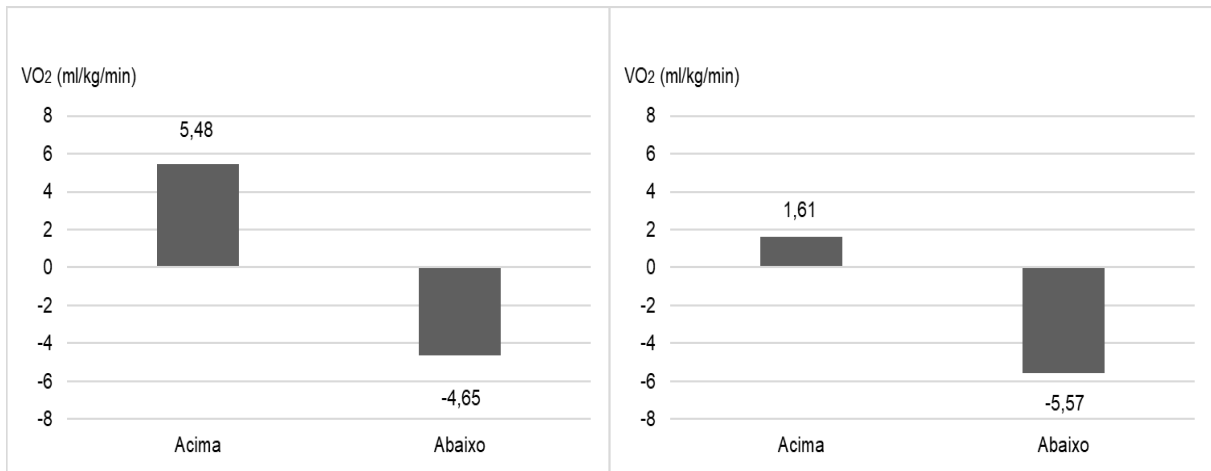
Figura 7A - Atleta A. Comparação da velocidade entre as séries acima vs. abaixo. Figura 7B - Atleta B. Comparação da velocidade entre as séries acima vs. abaixo



Fonte: Autoria própria, 2021.

A velocidade do atleta A foi maior na série acima do estímulo padrão do que na série abaixo. A velocidade do atleta B foi maior na série acima do estímulo padrão do que na série abaixo.

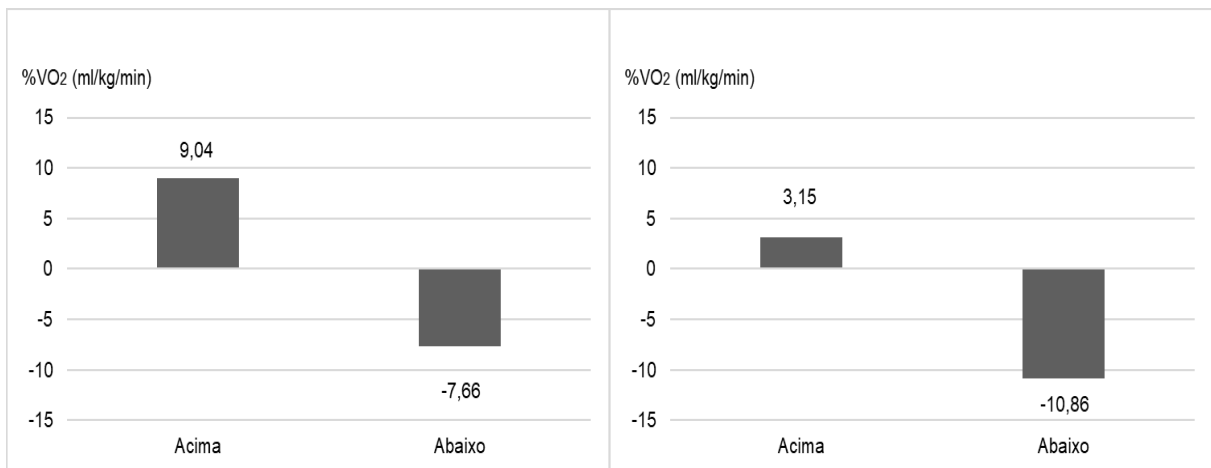
Figura 8A - Atleta A. Comparação da diferença mínima detectável no  $VO_2$  entre as séries acima vs. abaixo do padrão. Figura 8B - Atleta B. Comparação da diferença mínima detectável no  $VO_2$  entre as séries acima vs. abaixo do padrão.



Fonte: Autoria própria, 2021.

O JND mensurado pelo consumo de oxigênio do atleta A foi maior na série acima do estímulo padrão do que na série abaixo. O JND mensurado pelo consumo de oxigênio do atleta B foi maior na série abaixo do estímulo padrão do que na série acima.

Figura 9A - Atleta A. Comparação da diferença mínima detectável no  $\%VO_2$  entre as séries acima vs. abaixo do padrão. Figura 9B - Atleta B. Comparação da diferença mínima detectável no  $\%VO_2$  entre as séries acima vs. abaixo do padrão.



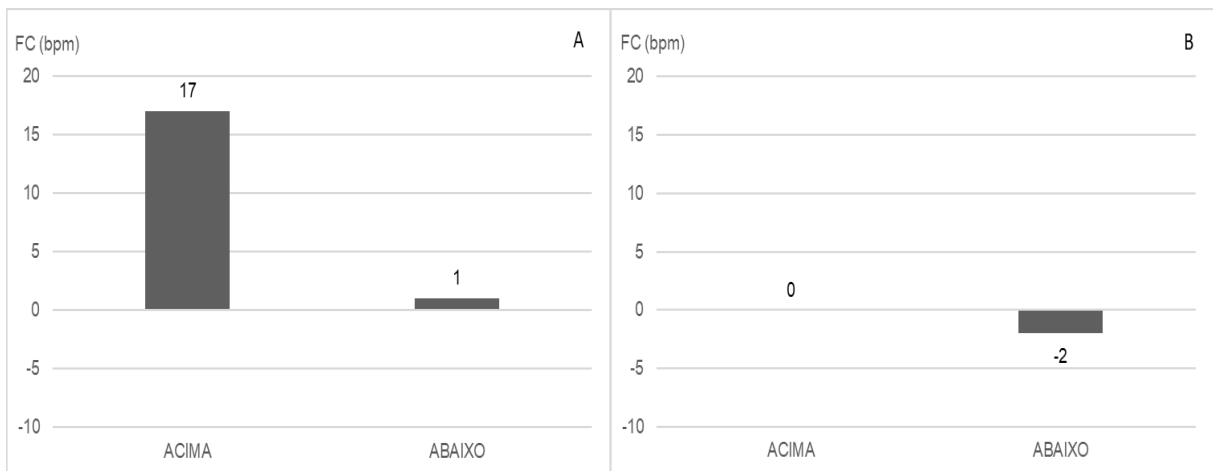
Fonte: Autoria própria, 2021.

O JND mensurado pelo consumo de oxigênio em termos relativos do Atleta A foi maior na série acima do estímulo padrão do que na série abaixo. O JND



mensurado pelo consumo de oxigênio em termos relativos do Atleta B foi maior na série abaixo do estímulo padrão do que na série acima.

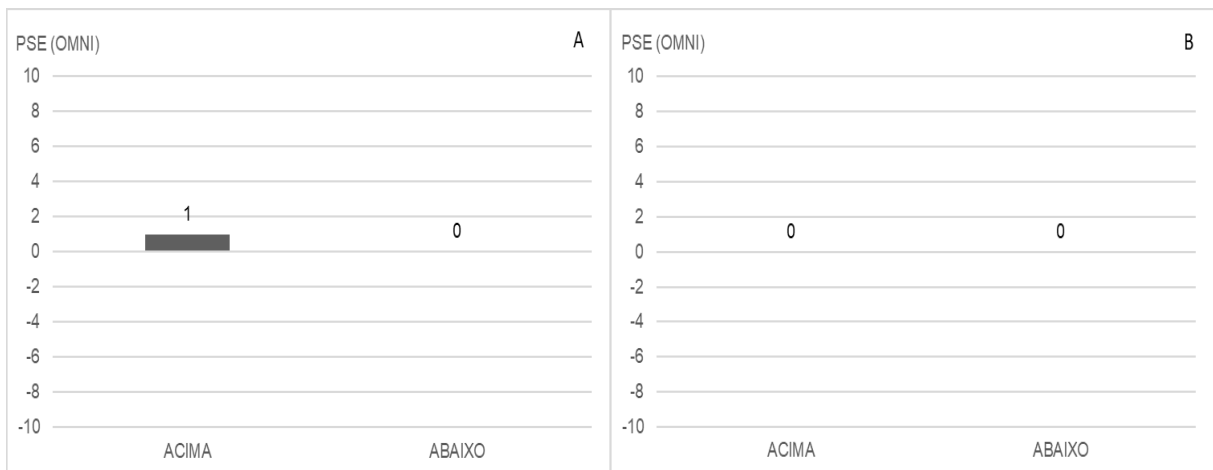
Figura 10A - Atleta A. Comparação da diferença mínima detectável na frequência cardíaca entre as séries acima vs. abaixo do padrão. Figura 10B - Atleta B. Comparação da diferença mínima detectável na frequência cardíaca entre as séries acima vs. abaixo do padrão.



Fonte: Autoria própria, 2021.

O JND mensurado pela frequência cardíaca do Atleta A foi maior na série acima do estímulo padrão do que na série abaixo. O JND mensurado pela frequência cardíaca do Atleta B foi maior na série abaixo do estímulo padrão do que na série acima.

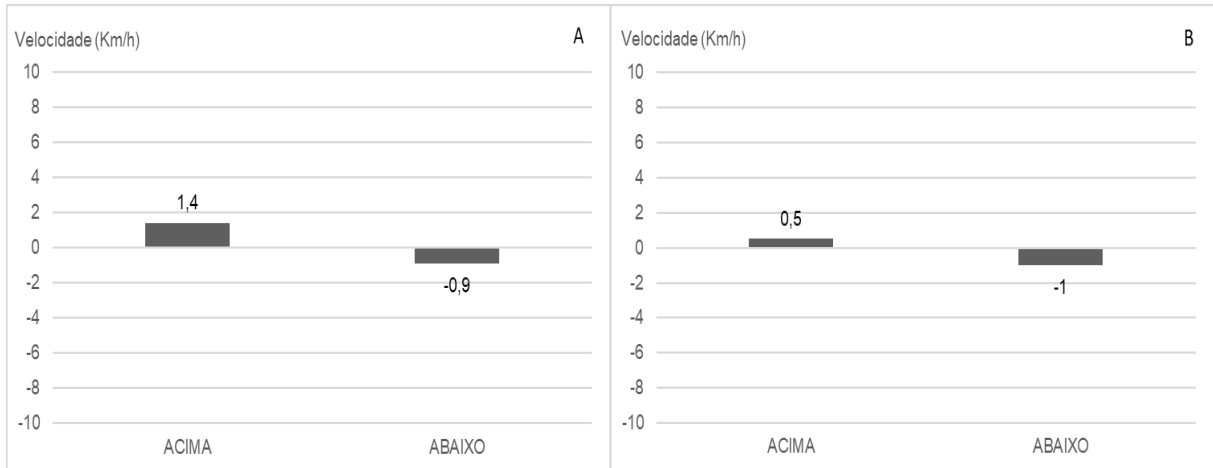
Figura 11A - Atleta A. Comparação da diferença mínima detectável na percepção subjetiva do esforço entre as séries acima vs. abaixo do padrão. Figura 11B - Atleta B. Comparação da diferença mínima detectável na percepção subjetiva do esforço entre as séries acima vs. abaixo do padrão.



Fonte: Autoria própria, 2021.

O JND mensurado pela percepção subjetiva do esforço do atleta A foi maior na série acima do estímulo padrão do que na série abaixo. O JND mensurado pela percepção subjetiva do esforço do atleta B não apresentou diferenças entre as séries.

Figura 12A - Atleta A. Comparação da diferença mínima detectável na velocidade entre as séries acima vs. abaixo do padrão. Figura 12B - Atleta B. Comparação da diferença mínima detectável na velocidade entre as séries acima vs. abaixo do padrão.



Fonte: Autoria própria, 2021.

O JND mensurado pela velocidade do atleta A foi maior na série acima do estímulo padrão do que na série abaixo. O JND mensurado pela velocidade do atleta B foi maior na série abaixo do estímulo padrão do que na série acima.

## 5 DISCUSSÃO

A “*Just Noticeable Difference*” (JND), pela psicofísica clássica, é conceituada como a menor quantidade de alteração na intensidade de um estímulo para que a diferença seja percebida (BUCKWORTH E DISHMAN, 2002). Em exercício físico, o JND pode ser aplicado através de uma pergunta: qual é a alteração mínima necessária no custo metabólico durante a atividade, para que o indivíduo perceba uma concomitante mudança no nível de esforço físico? Essa diferença mínima detectável do esforço percebido pode ser classificada como uma medida de acuidade perceptual e, quanto menor o JND, maior será a acuidade (NOBLE e ROBERTSON, 1996).

Na modalidade de corrida, o JND-Acima (JND-A) e o JND-Abaixo (JND-B), podem ser utilizados para expressar limites fisiológicos (medidos em  $VO_2$  e/ou FC), rendimento (medido pela Velocidade) e perceptuais (PSE), tendo como referência uma intensidade pré-estabelecida. Por sua vez, o JND total expressa o intervalo de dados em que o indivíduo não é capaz de detectar alterações; assim, alterações dentro desse intervalo não são consideradas como erros no processo regulatório (HAILE et al., 2012). Todavia, indica que quanto maior o intervalo, menor a acuidade perceptual do indivíduo.

A aplicabilidade prática desse conceito está relacionada ao ritmo de prova ou estratégias de *pacing*. Em competições, os atletas necessitam se autorregular em uma janela fisiológica (intervalo de dados) para que não excedam seus limites e consigam finalizar a tarefa como planejado; de outra forma, se os atletas estiverem muito abaixo desses limites, o desempenho será prejudicado (HAILE et al., 2012). Nesse sentido, o conceito da JND pode ser aplicado para auxiliar no fenômeno de autorregulação em situações competitivas, quando o atleta possui um intervalo de intensidade ideal para cumprir com a meta estabelecida.

O propósito desse estudo, foi identificar o JND de dois corredores treinados para subsidiar futuros programas de treinamento que objetivem o aprimoramento da acuidade perceptual, ou seja, da capacidade de autorregulação. A análise foi baseada no estudo de Haile et al., (2012), com indivíduos universitários, não atletas, que demonstrou que o JND acima ( $0,17 \pm 0,13 \text{ VO}_{2l/\text{min}^{-1}}$ ) foi significativamente menor do que o JND abaixo do estímulo padrão ( $0,24 \pm 0,20 \text{ VO}_{2l/\text{min}^{-1}}$ ). Além disso,

o presente estudo se fundamenta em princípios de ativação, no qual compreende-se que indivíduos treinados tendem a estar com maior atenção em estímulos submáximos e, opostamente, menos ativados/atentos em estímulos com menor intensidade. Ressalta-se, que acuidade de um indivíduo tende a ser maior conforme o aumento da acidose metabólica, a qual é percebida pelo acúmulo de propriedades nocivas que acompanham as alterações fisiológicas em exercícios mais intensos (HAILE et al., 2012).

NA presente pesquisa, a análise dos resultados do caso 1 (atleta A), em relação aos valores finais das séries JND-A e JND-B, demonstrou que o JND-A foi superior em todas as variáveis. No caso 2 (atleta B), os resultados foram similares, exceto para a PSE, a qual manteve-se inalterada entre as séries. Em relação a diferença mínima detectável, no caso 1, o intervalo de dados do JND expresso em volume de oxigênio foi de  $10,13 \text{ ml/kg/min}$  ( $0,67 \text{ l/min}$ ); com o JND acima apresentando uma magnitude superior ( $5,48 \text{ ml/kg/min}$ ;  $0,36 \text{ l/min}$ ) ao JND abaixo do estímulo padrão ( $-4,65 \text{ ml/kg/min}$ ;  $-0,31 \text{ l/min}$ ), contrariando os achados descritos por Haile et al., (2012). Entretanto, No caso 2, observou-se que o intervalo de dados foi inferior ao caso 1 ( $7,18 \text{ ml/kg/min}$ ;  $0,59 \text{ l/min}$ ) e a magnitude do JND se mostrou superior na série abaixo do estímulo padrão ( $-5,57 \text{ ml/kg/min}$ ;  $0,46 \text{ l/min}$ ) em comparação com a série acima ( $1,61 \text{ ml/kg/min}$ ;  $0,13 \text{ l/min}$ ), corroborando com a literatura.

Do ponto de vista da autorregulação, na análise em termos relativos, foi identificado no caso 1, a necessidade de um aumento de 9,04% no  $\text{VO}_2$  na série acima e uma redução de -7,66% na série abaixo do padrão para que a diferença na intensidade fosse percebida. No caso 2, houve aumento de 3,15% na série acima e redução de -10,86% na série abaixo, sugerindo uma maior capacidade sensorial perceptual. No entanto, em ambos os casos, podemos considerar que o JND apresenta uma variação elevada em se tratando de corredores treinados que deveriam demonstrar uma acuidade perceptual mais apurada.

Ressalta-se, que o instrumento de medida perceptual utilizado foi a Escala OMNI (0 – 10). A grande maioria dos pesquisadores e profissionais do esporte aceitam esta variável psicofísica, atribuindo grande importância em sua utilização para a regulação do desempenho em provas de *endurance* (HAMPSON et al., 2001; TUCKER; NOAKES, 2009; ROBERTSON, 2004). Todavia, em nossas análises, a percepção de alteração de intensidade mensurada pela PSE foi observada apenas no caso 1. No caso 2, a percepção de alteração da intensidade ocorreu sem a

correspondente mudança nos descritores numéricos da escala entre as séries acima/abaixo do padrão.

Neste contexto, é evidenciado na literatura que treinadores e os próprios atletas podem subestimar os valores da PSE em sessões menos intensas ( $PSE < 3$ ) ou superestimar em intensidades superiores ( $PSE > 5$ ) de exercício (FOSTER et al., 2001), interferindo no processo de regulação e, conseqüentemente, no desempenho em competições. Considerando esta abordagem, acredita-se também que a acuidade perceptual pode ter sido influenciada pela experiência prévia da amostra, especialmente no caso 2. De acordo com St Clair Gibson et al., (2006), o ritmo é determinado pelo sequenciamento das unidades motoras, sendo programado pelo córtex motor como resultado de um desempenho atlético anterior. A literatura relata que muitos atletas tendem a regular o ritmo do exercício com base em experiências vivenciadas anteriormente, o que pode influenciar positivamente ou negativamente na autorregulação do exercício (MAUGER, et al., 2009; FOSTER, et al., 2009; BORG, 1982).

Por exemplo, Billaut et al., (2011), demonstraram que quando os atletas desconhecem o número de *sprints* a serem realizados em uma sessão, o trabalho muscular e a potência gerada são menores do que quando comparado com indivíduos que realizaram o exercício conhecendo o número de *sprints*; porém, a PSE se mostrou similar entre as condições. Entretanto, quando os atletas foram informados que realizariam poucos *sprints* o recrutamento das fibras musculares e a potência gerada foram maiores. Segundo os autores, tais resultados sugerem a ocorrência de uma ativação neural antecipada, a qual influenciou na percepção do exercício e nos ajustes para a realização da tarefa.

Nesta mesma perspectiva, Mauger et al., (2009), investigaram o efeito do conhecimento da distância e do *feedback* em ciclistas durante quatro séries de 4-km. A pesquisa demonstra que o grupo de atletas que desconhecia tais fatores foram mais lentos na primeira série ( $p < 0,001$ ); contudo, as diferenças foram reduzindo nas séries subsequentes, sendo de aproximadamente dois segundos na última série. Desta forma, acredita-se que os atletas que desconheciam as características da tarefa utilizaram a primeira série como uma “prática” para então se autorregular e executar as demais séries com melhor rendimento. Portanto, tais evidências sugerem que os atletas conscientemente ou inconscientemente podem antecipar

suas ações e ajustar o ritmo da atividade com base no conhecimento prévio que possuem.

## 6 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Como limitações do estudo, aponta-se a participação de apenas dois atletas, impedindo a generalização dos resultados para população estudada, bem como a realização de um estudo de caráter experimental. Ressalta-se, que amostra total da presente pesquisa (n=30) não pôde ser concluída em virtude da suspensão das testagens em decorrência da pandemia por Sars-Cov-2 (Covid-19). Essa suspensão foi adotada com o objetivo de minimizar os potenciais riscos à saúde e a integridade dos participantes da pesquisa, pesquisadores e demais colaboradores envolvidos, devido ao alto risco de contaminação pelo contato/proximidade com material biológico (saliva) dos atletas, assim como o deslocamento dos indivíduos até o laboratório e demais tarefas correlatas. Ademais, análises específicas, a fim de analisar a influência do nível de condicionamento ou diferenças entre sexo não puderam ser conduzidas. Outro ponto que deve ser considerado, é o limiar ventilatório, o qual não pôde ser analisado nesta pesquisa. Como demonstrado por Haile et al., (2012), indivíduos do sexo masculino com maior limiar ventilatório ( $76,6 \pm 4,3\%VO_{2pico}$  e  $64,2 \pm 3,6\%VO_{2pico}$ , respectivamente) apresentam valores de JND-B ( $12,1 \pm 7,5\%VO_{2pico}$ ) significativamente maiores do que JND-A ( $6,3 \pm 4,6\%VO_{2pico}$ ). Em seus achados, o resultado também é similar entre indivíduos do sexo feminino; no qual as participantes com limiar ventilatório mais alto ( $74,8 \pm 4,3\%VO_{2pico}$  e  $63,8 \pm 4,5\%VO_{2pico}$ , respectivamente) apresentaram valores de JND-A ( $5,3 \pm 3,9\%VO_{2pico}$ ) menores do que JND-B ( $6,7 \pm 5,2\%VO_{2pico}$ ). De acordo com os autores, o JND pode ser utilizado independentemente do nível de condicionamento físico dos indivíduos, mas acredita-se que a aptidão cardiorrespiratória tenha certa influência sobre o processamento sensório perceptual.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da utilização do conceito psicofísico JND, a presente investigação identificou a acuidade perceptual de dois corredores treinados, demonstrando uma elevada variação no intervalo de dados das variáveis analisadas, especialmente no  $VO_2$ . O JND-Acima do estímulo padrão se demonstrou com maior magnitude do que o JND-Abaixo no caso 1, diferindo do caso 2, o qual apresentou uma magnitude maior no JND-Abaixo e menor no JND-Acima. Portanto, considerando os resultados obtidos e a carência de estudos relacionados ao tema, assume-se a necessidade da pesquisa ser continuada com a utilização de uma nova metodologia a fim de obter o tamanho amostral adequado para garantir o poder das análises inferenciais e, dessa forma, propor argumentos coesos a fim de generalizar os resultados a população do estudo e demais modalidades que necessitam da autorregulação para aprimorar o desempenho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBISS, C.R.; LAURSEN, P.B. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. **Sports Med.** 38:239-252, 2008.
- ALVES, R.R.; CRUZ, M.A.; SCHMIDT, A.; SILVA, H.M.; COELHO, G.T.; VIANA, B.R. Treinamento de força: fatores neurais e produção de força muscular. **Revista brasileira de prescrição e fisiologia do exercício.** São Paulo. V.12:757:766, 2018.
- BADEN, D.A.; MCLEAN, T.L.; TUCKER, R.; NOAKES, T.D.; ST CLAIR GIBSON. Effect of anticipation during unknown or unexpected exercise duration on rating of perceived exertion, affect, and physiological function. **Br J Sports Med**, p. 742-746, 2005.
- BALDWIN, J.; SNOW, J.R.; GIBALA, J.M.; GARNHAM, A.; HOWARTH, K.; FEBBRAIO, M.A. Glycogen availability does not affect the TCA cycle or TAN pools during prolonged, fatiguing exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.94; p. 2181-2187, 2003.
- BEAR, M.F.; CONNORS, B.W; PARADISO, M.A. Neurociências: desvendando o sistema nervoso. 4. ed. **Porto Alegre: Artmed**, 2017.
- BERNE, R.M.; LEVY, M.N. Fisiologia. 6. ed. **Rio de Janeiro: Elsevier**, 2009.
- BERTUZZI, R.S.M.; NAKAMURA, F.Y.; ROSSI, L.C.; KISS, M.A.P.D. FRANCHINI, E. Independência temporal das respostas do esforço percebido e da frequência cardíaca em relação à velocidade de corrida na simulação de uma prova de 10-km. **Rev Bras Med Esporte**, 21-179-83, 2006.
- BERTUZZI, R.S.M.; NASCIMENTO, E.M.; URSO, R.P.; DAMASCENO, M.V.; LIMA-SILVA, A.E. Energy system contributions during incremental exercise test. **J Sports Sci Med**, v.12; p. 454-460, 2013.
- BILLAT, F., BISHOP, D.J., SCHAERZ, S., NOAKES, T.D. Influence of knowledge of sprint number on pacing during repeated-sprint exercise. **Medicine and Sciences in Sports and Exercise.** V. 43 (4): 665-672, 2011.
- BILLAT, V.L.; WESFREID, E.; KAPFER, C.; KORALSZTEIN, J.P.; MEYER, Y. Nonlinear dynamics of heart rate and oxygen uptake in exhaustive 10,000 m runs: influence of constant vs. freely paced. **The Journal of Physiological Sciences**, Tokyo, v.56, n.1, p.103-11, 2006.
- BOMPA, TUDOR O. Periodização: Teoria e Metodologia do Treinamento. **São Paulo: Phorte Editora**, 2002.
- BORG, G. Psychological bases of perceived exertion. **Med. Sci. Sports Exerc.** 14:377-381, 1982.



BUCKWORTH, J; DISHMAN, R.K. Exercise psychology. **Champaign, 1 ed: Human Kinetics**, 2002.

CARMO, E.C.; BARRETI, D.L.M.; UGRINOWITSCH, C.; TRICOLI, V. Estratégia de corrida em média e longa distância: como ocorrem os ajustes de corrida ao longo da prova? **Rev Bras Educ Fis Esporte**, 26:351:63, 2012.

COYLE, E.F.; COGGAN, A.R.; HEMMERT, M.K.; IVY, J.L. Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.61, n.1, p.165-72, 1986.

COYLE, E.F.; HAGBERG, J.M.; HURLEY, B.F.; MARTIN, W.H.; EHSANI, A.A.; HOLLOSZY, J.O. Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. **Journal of Applied Physiology**. Bethesda, v.55, n.1 Pt 1, p.230-5, 1983.

CREMER, L.; MULLER, H.A. Principles and Applications of Room Acoustics. **Applied Science Publications**. London, Vol. 1, pg. 503–509, 1982.

EHRENSTEIN, W.H.; EHRENSTEIN, A. Psychophysical methods. In: Modern Techniques in Neuroscience Research. **Berlin/New York**, 1999.

EHRENSTEIN, W.H.; SCHRAUS, M. A computer-assisted test for the electrophysiological measurement of dynamic visual function based on motion contrast. **Journal of Neuroscience Methods**, p. 41-47, 1998.

FARELL, B.; PELLI, D.G. Psychophysics methods, or how to measure a threshold, and why. *Vision Research: A Practical Guide to Laboratory Methods*. **Oxford: Oxford University Press**, p. 129-136, 1999.

FECHNER, G.T. Element der Psychophysik. **Leipzig: Breitkopf und Hartel**, 1860.

FOLLAND, J. P.; WILLIAMS, A. G. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. **Sports Medicine**, v. 37, n. 2, 2007.

FOSTER, C.; FLORHAUG, J.A.; FRANKLIN, J.; GOTTSCHALL, L.; HROVATIN, L.A.; PARKER, S.; DOLESHAL, P.; DODGE, C. A new approach to monitoring exercise training. **Journal of Strength and Conditioning Research**. Champaign, V.15 n. 1, p. 109-115, 2001.

FOSTER, C.; HENDRICKSON, K.; PEYER, K.; REINER, B.; KONING, J.; LUCIA, A.; BATTISTA, R.; HETTINGA, F.; PORCARI, J.; WRIGHT, G. Pattern of developing the performance template. **Br J Sports Med**. 43(10):765-9, 2009.

FOSTER, C.; LUCIA, A. Running economy: the forgotten factor in elite performance. **Sports Med**, v.37; p.316-319, 2007.

FOSTER, C.; SCHRAGER, M.; SNYDER, A.C.; THOMPSON, N.N. Pacing strategy and athletic performance. **Sports Medicine**, Auckland, v.17, n.2, p.77-85, 1994.

FOSTER, C., SNYDER, A.C., THOMPSON, N.N., GREEN, M.A., FOLEY, M., SCHRAGER, M. Effect of pacing strategy on cycle time trial performance. **Medicine and Sciences in Sports and Exercise**. V. 25 (3): 383-388, 1993.

GAZZANIGA, M.S.; HEATHERTON, T.F. Ciência psicológica. 2 Ed. **Porto Alegre: Artmed**, 2007.

HAILE, L.; ROBERTSON, R.J.; NAGLE, E.F.; KRAUSE, M.P.; GALLAGHER JR, M.; LEDEZMA, C.M.; WISNIEWSKI, K.S.; SCHAFFER, A.B.; GOSS, F.L. Just noticeable difference in perception of physical exertion during cycle exercise in young adult men and women. **European Journal of Applied Physiology**. V. 113(4):875-885, 2012.

HALL, J.E. Tratado de fisiologia médica. 13. ed. **Rio de Janeiro: Elsevier**, 2017.

HAMPSON, D.B.; St CLAIR GIBSON.; LAMBERT, M.I.; NOAKES, T.D. The influence of sensory cues on the perception of exertion during exercise and central regulation of exercise performance. **Sports Medicine**. V.31, n. 13, p. 935-952, 2001.

HERDY, H.A.; CAIXETA, A. Classificação Nacional da aptidão cardiorrespiratória pelo consumo máximo de oxigênio. **Arq Bras Cardiol**. 106(05):389-395, 2016.

JONES, A.M.; WILKERSON, D.P.; DIMENNA, F.; FULFORD, J.; POOLE, D.C. Muscle metabolic responses to exercise above and below the "critical power" assessed using <sup>31</sup>P-MRS. **American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, Bethesda, v.294, n.2, p.585-93, 2008.

KNUTTGEN, H.G.; KOMI, P.V. Basic considerations for exercise. Strength and power in sport. **London: Blackwell Scientific Publication**, 2003.

KONING, J.; FOSTER, C.; BAKKUM, A.; KLOPPENBURG, S.; THIEL, C.; JOSEPH, T.; COHEN, J.; PORCARI, J.P. Regulation of pacing strategy during athletic competition. **PLoS ONE**. V. 6(1): e15863, 2011.

KRAEMER, W.J.; FLECK, S.J.; DESCHENES, M.R. Fisiologia do exercício: teoria e prática. 2. ed. **Rio de Janeiro: Guanabara Koogan**, 2016.

LAMBERT, E.V.; ST CLAIR GIBSON, A.; NOAKES, T.D. Complex systems model of fatigue: integrative homeostatic control of peripheral physiological systems during exercise in humans. **British Journal of Sports Medicine**, Loughborough, v.39, n.1, p.52-62, 2005.

LIMA-SILVA, A.E.; BERTUZZI, R.C.M.; PIRES, F.O.; BARROS, J.F.; GAGLIARDI, J.; HAMMOND, D.J. Effect of performance level on pacing strategy during a 10-km running race. **Eur J Appl Physiol**, v.108; p. 1045-1053, 2010.

LOFTIN, M.; SOTHERN, M.; TUURI, G.; TOMPKINS, C.; KOSS, C.; BONIS, M. Gender comparison of physiologic and perceptual responses in recreational marathon runners. **Int J Sports Physiol Perform**, 4:307-16, 2009.

LOHMAN, T.G.; ROCHE, A.F.; MARTORELL, R. Anthropometric Standardization Reference Manual Abridged Edition. **Champaign, IL: Human Kinetics**, 1988.

MARCORA, S. Perception of effort during exercise is independent of afferent feedback from skeletal muscle, heart and lungs. **Journal Applied Physiology**. V. 106:1060-2062, 2009.

MAUGER, A.R., JONES, A.M., WILLIAMS, C.A. Influence of feedback and prior experience on pacing during a 4-km cycle time trial. **Medicine and Sciences in Sports and Exercise**. V. 41 (2): 451-458, 2009.

MAUGHAN, R.; GLEESON, M.; GREENHAFF, P.L. Bioquímica do Exercício e do Treinamento. **São Paulo: Ed. Manole**, 2000.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. Fisiologia do exercício energia, nutrição e desempenho humano. **Rio de Janeiro: Guanabara Koogan**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

MEYER, T.; FAUDE, O.; SCHARHAG, A.; URHAUSEN, W.; KINDERMANN, W. Is lactic acidosis a cause of exercise induced hyperventilation at the respiratory compensation point? **Br J Sports Med**, p. 622-625, 2004.

MYERS, J.; NANCY BUCHANAN, B.S.; DOUG WALSH, B.S.; MARK KRAEMER, M.D.; PAUL, M.; MARIANTHA HAMILTON WESSLER, M.A.; FROELICHER, M.D. Comparison of the ramp versus standard exercise protocols. **Journal of the American College of Cardiology**. V. 17:1334-1342, 1991.

NIELSEN, B.; HYLDIG, T.; BIDSTRUP, F.; GONZALEZ-ALONSO, J.; CHRISTOFFERSEN, G.R. Brain activity and fatigue during prolonged exercise in the heat. **Pfl ugers Archiv: European Journal of Physiology**, Berlin, v.442, n.1, p.41-8, 2001.

NOAKES, T.D. The Central Governor Model of Exercise Regulation Applied to the Marathon. **Sports Medicine**. V. 37(4-5):374-377, 2007.

NOAKES, T.D.; ST CLAIR GIBSON, A. Logical limitations to the "catastrophe" models of fatigue during exercise in humans. **British Journal of Sports Medicine**, Loughborough, v.38, n.5, p.648-9, 2004.

NOBLE, B.J.; ROBERTSON, R.J. Perceived exertion. **Human Kinetics**, Champaign, 1996.

PASQUALI, L. Teoria e métodos de medida em ciências do comportamento. **Brasília: Laboratório de Pesquisa em Avaliação e Medida - Instituto de Psicologia - UnB:INEP**, 1996.

PIRES, F.O.; LIMA-SILVA, A.E.; BERTUZZI, R.; CASARINI, D.H.; KISS, M.A.; LAMBERT, M.I.; NOAKES, T.D. The influence of peripheral afferent signals on the rating of perceived exertion and time to exhaustion during exercise at different intensities. **Psychophysiology, Baltimore**. v.48, n.9, p.1284-90, 2011.

ROBERT, A. ROBERGS; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, 287:502-516, 2004.

ROBERTSON, R.J. Perceived exertion for practitioners: rating effort with the OMNI Picture system. **Human Kinetics**, Champaign, 2004.

SAUNDERS, P.U.; PYNE, D.B.; TELFORD, R.D.; HAWLEY, J.A. Factors affecting running economy in trained distance runners. **Sports Med**, v.34; p. 465,485, 2004.

SERRALTA, F. B.; NUNES, M. L. T.; EIZIRIK, C. L. Considerações metodológicas sobre o estudo de case studies in psychotherapy research. **Estudos de Psicologia**, 28, 4, p. 501-510, 2011.

SCOTT, K. POWERS. Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. **Barueri: Manole**, 2014.

SCOTT, K. POWERS; EDWARD, T. HOWLEY. Fisiologia do Exercício: Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. **Barueri: Manole**. 5. Ed. pg. 119 – 128, 2005.

SHEPHARD, R. J. Is time to retire the “Central Governor”. **Sports Medicine**. V. 39(9):709-721, 2009.

ST CLAIR GIBSON, A.; BADEN, D.A.; LAMBERT, M.I.; LAMBERT, E.V.; HARLEY, Y.X.; HAMPSON, D.; RUSSELL, V.A.; NOAKES, T.D. The conscious perception of the sensation of fatigue. **Sports Medicine**, Auckland, v.33, n.3, p.167-76, 2003.

ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT E.V.; RAUCH, L.H.; TUCKER, R.; BADEN, D.A.; FOSTER, C.; NOAKES, T.D. The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort. **Sports Med**. 36(8):705-722, 2006.

THIEL C.; FOSTER C.; BANZER W.; De Koning J. Pacing in Olympic track races: Competitive tactics versus best performance strategy. **Journal of Sports Sciences**. V. 30 (11): 1107-1115, 2012.

TREUTWEIN, B. Adaptive psychophysical procedures. **Vision Research**, p. 2503-2522, 1995.

TUCKER, R. The anticipatory regulation of performance: the physiological basis for pacing strategies and the development of a perception-based model for exercise performance. **British Journal of Sports Medicine**, v.43, n.6, p.392-400, 2009.

TUCKER, R.; MARIE, T. LAMBERT, E.V. The rate of heat storage mediates an anticipatory reduction in exercise intensity during cycling at a fixed of perceived exertion. **The Journal of Physiology**, v.574; p. 905-915, 2006.

TUCKER, R.; NOAKES, T.D. The physiological regulation of pacing strategy during exercise: a critical review. **British Journal of Sports Medicine**, Loughborough, v.43, n.6, p.e1, 2009.

TUCKER, R.; RAUCH, L.; NOAKES, T.D. Impaired exercise performance in the heat is associated with an anticipatory reduction in skeletal muscle recruitment. **Pflugers Archiv**, p. 422-430, 2004.

ULMER, H.V. Concepto f na extracelular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback. **Celular and Molecular Life Sciences**. 52(5), 416-420, 1996.

UTTER, A.C.; ROBERTSON, R.J.; GREEN, J.M.; SUMINSKI, R.R.; MCANULTY, S.R.; NIEMAN, D.C. Validation of the Adult OMNI Scale of Perceived Exertion for walking/running Exercise. **Med Sci Sports Exerc**. 36(10):1776-80, 2004.

VANDENBOS, G.R. Dicionário de psicologia. **Porto Alegre: Artmed**, 2010.

WEIR, J.P.; BECK, T.W.; CRAMER, J.T.; HOUSH, T.J. Is fatigue all in your head? A critical review of the central governor model. **British Journal os Sports Medicine**. V. 40: 573-586, 2006.

## APÊNDICE

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) Sr(a).

Você está sendo convidado(a) para participar da pesquisa intitulada **“Aplicação Psicofisiológica para Maximizar a Auto-regulação e o Desempenho de Atletas Treinados”**, sob a responsabilidade do(a) pesquisador(a) Maressa Krause, PhD.

O objetivo desta pesquisa é identificar a zona da diferença mínima detectável e os erros associados a essas condições.

Durante a sua participação você será submetido a testes antropométricos e testes físicos, sendo 1 teste de esforço máximo e mais três sessões de exercício em esteira ergométrica.

Em nenhum momento você será identificado. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada.

Você não terá nenhum gasto nem ganho financeiro por participar na pesquisa.

Os riscos a que você está exposto durante a sua participação consistem nos característicos de quem realiza exercícios físicos que incluem desconforto físico, respiração ofegante, elevação da frequência cardíaca, sensação de calor e a possibilidade de entorse. Caso necessário, você será encaminhado ao setor médico da UTFPR e a empresa de Emergências Médicas será acionada.

O benefício desta pesquisa será a melhor compreensão dos fatores associados que determinam o desempenho de corredores, possibilitando a orientação de futuros programas que visem promover essa questão.

Você pode deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou coação.

Uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você e qualquer dúvida poderá ser esclarecida pelo telefone (41) 9 8836-2079 a qualquer momento. Entrar em contato com a professora Maressa Krause.

Declaro que li este termo e todas as minhas dúvidas com relação a minha participação me foram esclarecidas.

Nome:

---

\_\_\_\_\_.

RG:

---

Data:

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Assinatura:

---

---

Maressa Krause

Pesquisadora

**Endereço do Comitê de Ética em Pesquisa para recurso ou reclamações do  
sujeito pesquisado**

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(CEP/UTFPR)

REITORIA: Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR,  
telefone: 3310-4943, e-mail: coep@utfpr.edu.br

**OBS:** este documento deve conter duas vias iguais, sendo uma pertencente ao  
pesquisador e outra ao sujeito de pesquisa.

## ANEXOS

### ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE  
TECNOLÓGICA FEDERAL DO



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Aplicação Psicofisiológica para Maximizar a Auto regulação e o Desempenho de Atletas Profissionais

**Pesquisador:** Maressa Priscila Krause Mocellin

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 30162914.9.0000.5547

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANA

**Patrocinador Principal:** MINISTERIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVACAO  
COORDENACAO DE RECURSOS HUMANOS/ MEC

##### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 722.848

**Data da Relatoria:** 17/07/2014

##### Apresentação do Projeto:

Título do projeto " Aplicação Psicofisiológica para Maximizar a Auto regulação e o Desempenho de Atletas Profissionais", da pesquisadora Maressa Priscila Krause Mocellin, que Área de Estudo, Grandes Áreas do Conhecimento (CNPq), Grande Área 4. Ciências da Saúde, Propósito Principal do Estudo (OMS). A estratégia de auto regulação do ritmo durante um evento esportivo pode ser determinante para o resultado do atleta. Este processo de regulação é dependente de um complexo conjunto de sinais (vias aferentes/eferentes), interpretações, e tomada de decisões, ou seja, é necessário um aprimoramento da capacidade psicofisiológica para que o gesto esportivo seja realizado em sua máxima eficiência. Sendo assim, esta investigação propõe a utilização de métodos clássicos provenientes da psicofísica para quantificar a zona da diferença mínima detectável e consequentes erros associados, a fim de verificar a influência da presença ou não de feedback na auto regulação e no desempenho de atletas profissionais. Este estudo quasi-experimental será composto por quatro sessões a saber: 1. Teste máximo a fim de detectar o estímulo padrão correspondente ao limiar ventilatório - designado de "Estimação" ou teste máximo; 2. Séries de exercício com cinco minutos de duração, na intensidade prescrita correspondente ao estímulo padrão e para a detecção da zona da diferença mínima detectável (just noticeably difference) - designado de JND

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

CEP: 80.230-901

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3310-4943

E-mail: coep@utfpr.edu.br



Continuação do Parecer: 722.848

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário: Identificar a zona da diferença mínima detectável e os erros associados a essas condições. Objetivo Secundário:- Determinar a zona total da diferença mínima detectável (JND) - Comparar o JND acima e abaixo do estímulo padrão - Comparar os erros (JND) dos atletas que receberam ou não feedback,

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

A Pesquisadora propõe: Riscos: Os riscos a que os sujeitos estão expostos durante a participação consistem nos característicos de quem realiza exercícios físicos que incluem desconforto físico, respiração ofegante, elevação da frequência cardíaca, sensação de calor e a possibilidade de entorse. Caso qualquer um desses sintomas ocorram, os sujeitos serão encaminhados ao setor médico da UTFPR. Benefícios: O benefício desta pesquisa será a melhor compreensão dos fatores associados que determinam o desempenho de ciclistas, possibilitando a orientação de futuros programas que visem promover essa questão tanto para os sujeitos participantes quanto a treinadores e a comunidade acadêmica.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Projeto relevante.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O projeto atende parcialmente as recomendações da Resolução 466/12

**Recomendações:**

Não há.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Aprovado.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Lembramos aos senhores pesquisadores que, no cumprimento da Resolução 466/12, o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) deverá receber relatórios anuais sobre o andamento do estudo, bem como a qualquer tempo e a critério do pesquisador nos casos de relevância, além do envio dos relatos de eventos adversos, para conhecimento deste Comitê. Salientamos ainda, a necessidade de

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

CEP: 80.230-901

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3310-4943

E-mail: coep@utfpr.edu.br

UNIVERSIDADE  
TECNOLÓGICA FEDERAL DO



Continuação do Parecer: 722.848

relatório completo ao final do estudo.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP-UTFPR de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificado e as suas justificativas.

CURITIBA, 18 de Julho de 2014

---

**Assinado por:**  
**Frieda Saicla Barros**  
**(Coordenador)**

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

CEP: 80.230-901

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3310-4943

E-mail: coep@utfpr.edu.br

ANEXO B - ESCALA DA PERCEÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO PARA CAMINHADA/CORRIDA OMNI-WALK/RUN (UTTER et al., 2004).

