

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO
MOVIMENTO HUMANO**

**Perfil da modulação autonômica da frequência cardíaca e correlação
com o desempenho de corredores bem treinados competitivamente**

Felipe de Ornelas

2019

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
FELIPE DE ORNELAS**

**Perfil da modulação autonômica da
frequência cardíaca e correlação com o
desempenho de corredores bem treinados
competitivamente**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, da Universidade Metodista de Piracicaba, para obtenção do Título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientadora: Profa. Dra. Marlene Aparecida Moreno

**PIRACICABA
2019**

AGRADECIMENTOS

Agradecimento a Deus, pelo dom da vida. Em especial por me oportunizar a família que durante o processo de formação pessoal e acadêmica, me deram todo o suporte, educação e conforto possível para que eu pudesse concluir o processo. Portanto, agradecimento especial a Roseli Cardozo de Ornelas (mãe), Maria Aparecida Guimarães de Ornelas (vó), João Cardozo de Ornelas (vô), Katia Gabriele de Ornelas (irmã), Suely Aparecida de Ornelas Aquino (madrinha), Alberto Ferreira Aquino (padrinho), Natália Ornelas Aquino (prima), Alberto Ferreira Aquino Filho (primo). Gratidão a todos pelo apoio, incentivo, paciência, compreensão e respeito. Sem me esquecer, é claro, dos tios (José, Expedito, Roberto) e tias (Genessi e Alessandra), cunhado (Leonardo Trevisan), primos (Lucas, William, Gustavo, Henrique, Vinicius) e prima (Beatriz) que fizeram parte de toda a formação pessoal desde a infância e adolescência.

Agradecimento a orientadora Prof. Dra. Marlene Aparecida Moreno, pela confiança, amizade, conhecimento e respeito. Consideração, admiração e respeito do mais alto nível por todo o processo que me oportunizou, e pela profissional de referência que nos inspira constantemente.

Agradecimento ao Prof. Dr. Charles Ricardo Lopes, por compartilhar seu conhecimento, e pela amizade e respeito que construímos durante o processo.

Agradecimento a Prof. Dra. Carla Ribeiro, pelo incentivo e apoio, desde a graduação, até a conclusão do presente processo.

Agradecimento, em especial, ao Prof. Dr. Tiago Volpi Braz, por toda amizade, respeito e oportunidades desde os anos de graduação. Respeito e admiração recíproca. Agradecimento a sua esposa Graziela Souza, pela paciência, respeito e constante recepção conosco.

Aos professores e amigos do PPG-CMH (Unimep) e da instituição de graduação (FAM), por todo o conhecimento compartilhado durante os anos de formação, e oportunidades. Respeito e admiração por todos vocês.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil, e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Brasil.

RESUMO

O consumo de oxigênio (VO_2) é a variável fisiológica que melhor se correlaciona com o desempenho de *endurance*, e a frequência cardíaca (FC) é a variável que melhor se correlaciona com VO_2 , quando os testes são realizados em ambiente laboratorial. Entre os índices de FC, a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) obteve um crescente interesse no campo esportivo por ser uma ferramenta não-invasiva para mensurar o estado de modulação autonômica cardíaca, além de ser comumente utilizada por corredores e técnicos durante o período de treinamento. **Objetivos:** Avaliar a relação da variabilidade da frequência cardíaca com a *performance* em teste incremental, economia de corrida e simulação individual de 5km (5km_{IND}) e coletivo (5km_{COL}). **Metodologia:** o estudo contou com a participação de 18 corredores homens (32 ± 7 anos, $67,22 \pm 7,87$ kg, $1,75 \pm 0,05$ metros) durante etapas compostas por familiarização, registro da VFC em repouso, testes de desempenho aeróbio em laboratório, tempo de prova de simulado individual de 5 km (5km_{IND}) e coletivo (5km_{COL}). Durante a familiarização os indivíduos realizaram a VFC de repouso e o 5km_{IND}. Na segunda etapa do estudo foram obtidas a VFC de repouso, seguida das variáveis ventilatórias da economia de corrida (EC), limiar ventilatório, ponto de compensação respiratória e $VO_{2m\acute{a}x}$ por um teste incremental realizado em esteira rolante, além da obtenção do VO_2 durante o teste de EC e a mensuração do lactato sanguíneo após os estímulos de EC e teste incremental. O 5km_{IND} e 5km_{COL} foram realizados em uma pista de atletismo oficial, durante a terceira e quarta etapas, respectivamente, para obter o desempenho aeróbio em simulado específico da modalidade, além das coletas de lactato imediatamente após concluírem o 5km_{IND} e 5km_{COL}. **Resultados:** O VO_2 apresentou correlação com os índices da VFC obtidos durante a $EC_{8km/h}$: SDNN ($r=0,49$), RMSSD ($r=0,57$), HF ($r=0,62$) e SD1 ($r=0,59$) e durante o teste incremental entre VO_{2PCR} e as variáveis da VFC SDNN ($r=0,49$), LF ($r=0,61$) e SD2 ($r=0,50$), e entre $VO_{2m\acute{a}x}$ com SDNN ($r=0,66$), RMSSD ($r=0,62$), LF ($r=0,58$), HF ($r=0,58$), SD1 ($r=0,62$) e SD2 ($r=0,61$). A *performance* mensurada durante o teste incremental, apresentou correlação significativa com a vVO_{2PCR} e a variável LF ($r=0,50$), enquanto a $vVO_{2m\acute{a}x}$ apresentou correlação significativa com as variáveis de VFC SDNN ($r=0,56$), RMSSD ($r=0,50$), LF ($r=0,57$), SD1 ($r=0,51$) e SD2 ($r=0,55$). A análise de variância das velocidades tanto do 5km_{IND} quanto do 5km_{COL} apresentam média de efeito principal significativo com tamanho de efeito grande, respectivamente, ($F_{1.507,25.611}=12,97$; $P<0,001$; $\eta^2_p=0,43$) e ($F_{1.269,21.577}=4,430$; $P<0,039$; $\eta^2_p=0,207$). Não foi encontrada média de efeito significativo ($F_{103.545;6.091}= 2.149$; $P=0.053$; $\eta^2_p=0,112$) na *performance* entre o 5km_{IND} e 5km_{COL}. **Conclusão:** As variáveis de VFC SDNN, RMSSD, LF, HF, SD1 e SD2 são ferramentas confiáveis para predizer a *performance* em teste cardiopulmonar de indivíduos bem treinados competitivamente. Apesar da redução de *performance* da V_{0-400m} para a $V_{400-4600}$, os corredores bem

treinados competitivamente tiveram capacidade de suportar altas intensidades durante a simulação de tempo de prova, e que mais competidores durante o tempo de prova aumentou a performance durante a $V_{400-4600}$.

Palavras-chave: Variabilidade da frequência cardíaca, desempenho aeróbio, atletas.

ABSTRACT

Oxygen uptake (VO_2) is the physiological variable that most correlate with endurance performance and the heart rate (HR) is the variable that most correlate with VO_2 , when the tests are performed in laboratorial environment. Between the HR index the Heart rate variability (HRV) obtained a interesting increase in field sports due be a noninvasive tool for measure cardiac autonomic modulation status, besides widely to usefull by runners and coachs during the training periods. **Objectives** Assess the relationship of the HRV with performance in incremental test, running economy and individual time-trial 5km ($5km_{IND}$) and coletive ($5km_{COL}$) **Methods:** The study was attended by 18 man runners (32 ± 7 years old, $67,22 \pm 7,87$ kg, $1,75 \pm 0,05$ meters) during stages composed by familiarization, aerobic performance tests in laboratorial, individual time-trial 5 km ($5km_{IND}$), and coletive time-trial 5 km ($5km_{COL}$). During familiarization the subjects performed the HRV resting and the $5km_{IND}$. On second stage of the study was obtained the HRV resting, followed by ventilatory variables on running economy (RE), ventilator threshold, respiratory compensation point (RCP) and VO_{2max} trough of a incremental test performed in treadmill, besides obtaining VO_2 during RE test and the lactate measuring post the RE stimulus and incremental test. The $5km_{IND}$ and $5km_{COL}$ were performed in official track, in thirty and forth stages, respectively, for obtain aerobic performance in specific test in modality, besides blood lactate measured immediately post concluded $5km_{IND}$ and $5km_{COL}$. **Results:** the VO_2 shown correlation during the $EC_{8km/h}$: SDNN ($r=0,49$), RMSSD ($r=0,57$), HF ($r=0,62$) and SD1 ($r=0,59$) and during the incremental test between VO_{2RCP} and the HRV variables SDNN ($r=0,49$), LF ($r=0,61$) e SD2 ($r=0,50$), and between $VO_{2m\acute{a}x}$ SDNN ($r=0,66$), RMSSD ($r=0,62$), LF ($r=0,58$), HF ($r=0,58$), SD1 ($r=0,62$) and SD2 ($r=0,61$). The performance measured during incremental test shown significant correlation between vVO_{2RCP} and the variables LF ($r=0,50$), while the $vVO_{2m\acute{a}x}$ shown significant correlation with the VFC variables SDNN ($r=0,56$), RMSSD ($r=0,50$), LF ($r=0,57$), SD1 ($r=0,51$) and SD2 ($r=0,55$). The analysis of variance of velocity as $5km_{IND}$ as $5km_{COL}$ show significant mean main effect with effect size large, respectively, ($F_{1.507,25.611}=12,97$; $P<0,001$; $\eta^2_p=0,43$) and ($F_{1.269,21.577}=4,430$; $P<0,039$; $\eta^2_p=0,207$). There was not find significant mean effect ($F_{103.545;6.091}=2.149$; $P=0.053$; $\eta^2_p=0,112$) in performance between $5km_{IND}$ e $5km_{COL}$. **Conclusion:** The HRV variables SDNN, RMSSD, LF, HF, SD1 and SD2 are reliable tools for predict performance in cardiopulmonary test in subjects well-trained competitive. Besides decrease performance of V_{0-400m} to $V_{400-4600}$ the subjects well-trained competitive had ability supporting high intensity during time-trial simulation, and that more competitors during time-trial increased the performance in $V_{400-4600}$.

Keywords: Heart rate variability, endurance performance, athletes

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	12
2.1 Geral	12
2.2 Específicos	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS	13
3.1 Participantes	13
3.2 Procedimentos	13
3.3 Familiarização	15
3.4 Variabilidade da frequência cardíaca	15
3.4.1 Análise no Domínio do tempo	16
3.4.2 Análise no Domínio da frequência	17
3.4.3 Análise não-linear	17
3.5 Economia de corrida	17
3.6 Teste incremental	18
3.7 Lactato	18
3.8 Tempo de prova de simulado individual de 5 km (5km _{IND})	19
3.9 Tempo de prova de simulado coletivo de 5 km (5km _{COL})	19
3.10 Análise estatística	19
4. RESULTADOS	21
5. DISCUSSÃO	37
6. CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS	42
Anexo 1	47

1 INTRODUÇÃO

Entre as variáveis fisiológicas que contribuem para o desempenho de atletas que praticam modalidades de *endurance* estão o lactato (lac), consumo máximo de oxigênio ($VO_2m\acute{a}x$) e frequência cardíaca (FC) (BOURDON et al., 2017), sendo o $VO_2m\acute{a}x$ a variável fisiológica que melhor se correlaciona com o desempenho de atletas quando obtida em teste de campo (RAMSBOTTOM et al., 1987; GRANT, CRAIG, WILSON, 1997), enquanto que quando mensurada em laboratório pode ser um preditor de *performance*, podendo explicar até 90% dos casos (MCLAUGHLIN et al., 2010). Segundo Larsen & Sheel (2015), a capacidade de sustentar alta porcentagem de VO_2 é um preditor de *performance* de *endurance*. Em atletas de *endurance*, recordistas mundiais, foi observado por Tucker et al. (2006) melhor *performance* na primeira metade da competição quando comparada a segunda metade da prova. Sendo confirmado por Dimakopoulou et al. (2018) que observaram maiores valores de VO_2 na primeira parte do tempo de prova, independente da estratégia utilizada.

No entanto, a utilização do analisador de gases para mensurar o VO_2 durante o período de treinamento se torna inviável, devido ao alto custo. Em condições laboratoriais a FC é uma das variáveis fisiológicas que tem correlação com a medida direta do $VO_2m\acute{a}x$ (ACHTEN, JEUKENDRUP, 2003), portanto se torna uma ferramenta usual no campo prático, devido a acessibilidade e fácil manuseio.

É habitual entre atletas e praticantes de exercícios físicos utilizarem a FC como marcador de intensidade e para monitorização da intensidade dos treinamentos (ACHTEN, JEUKENDRUP, 2003), tornando-se frequente sua utilização também para mensurar a carga interna de treinamento (CIT), e para entendimento das respostas individuais ao treinamento, bem como para determinar as adaptações, avaliar a fadiga e a necessidade de recuperação decorrente da carga externa de treinamento (CET) (BOURDON et al., 2017).

Buchheit (2006) identificou que índices da variabilidade da FC (VFC) tem relação com o $VO_2m\acute{a}x$ em indivíduos de meia idade, enquanto que o recuperação da FC (RFC) está associada ao volume de treinamento semanal e não ao $VO_2m\acute{a}x$. A FC é comumente utilizada como marcador de recuperação após um estímulo pré-determinado, pois uma maior recuperação caracteriza

uma resposta positiva ao estímulo imposto (BUCHHEIT et al, 2010). Nesse sentido, a VFC tem tido um crescente interesse devido ao fato de ser um método não-invasivo, aplicado continuamente e podendo ser utilizado por um ou mais atletas simultaneamente (BUCHHEIT et al., 2014).

A VFC representa uma das mais promissoras ferramentas para mensurar a modulação autonômica da FC (MAFC). Desde a padronização da VFC realizada pela Task Force (TASK FORCE, 1996), mais de 10.000 citações em pesquisas utilizando esta ferramenta foram utilizadas (EUROPACE, 2015). A VFC é definida como a variação entre batimentos cardíacos com intervalos R-R (iR-R) normais (ACHTEN, JUKENDRUP, 2003). Esses batimentos são controlados pelo sistema nervoso autonômico (SNA) e compreendidos em divisão simpática e parassimpática, sendo o controle do sistema cardiovascular afetado por barorreceptores, quimiorreceptores, musculatura aferente, circulação hormonal e variáveis ambientais (DONG, 2016).

A princípio, a mensuração dos iR-R era obtida pelo eletrocardiograma em ambiente laboratorial (ACHTEN, JEUKENDRUP, 2003; BUCHHEIT, 2014), entretanto, atualmente monitores cardíacos são capazes de obter as medidas de iR-R para posterior análise dos dados mensurados (GAMELIN et al., 2006; GILES et al., 2015). Dados estes que podem ser mensurados por índices no domínio do tempo (DT), domínio da frequência (DF) e por modelos não-lineares (TASK FORCE, 1996). Permitindo, assim, analisar e/ou verificar maior estimulação simpática ou parassimpática, sendo a estimulação simpática caracteriza por aumento da FC e velocidade de condução através de mediação alfa e beta adreno-receptores, que são estimulados por respostas cardiovasculares frente as emoções e estresse físico, enquanto que a estimulação parassimpática tem o comportamento inverso, reduzindo a FC e a velocidade de condução através dos receptores colinérgicos, como por exemplo o receptor muscarínico (DONG, 2016).

É habitual, a VFC, ser utilizado por treinadores e atletas durante o repouso, para analisar o estado do SNA em resposta a um estímulo de treinamento e analisar o estado de recuperação dos atletas. Preferencialmente a mensuração é feita em posição supina, logo ao acordar para que se possa obter informações de possíveis efeitos no SNA, apesar de teoricamente o melhor momento de estabilização seja a noite, a utilização do mesmo durante o

sono pode influenciar em variações da qualidade do sono, e causar uma má interpretação dos resultados obtidos (BUCHHEIT, 2014).

Apesar do interesse observado na literatura em utilizar a VFC como marcador autonômico verificando o estado de perturbação homeostática, Bosquet et al. (2014) verificaram que os índices da FC e da VFC, não são uniformemente alterados pela carga de treinamento. Sendo observado que as variáveis de VFC não estão associadas ao desempenho individual obtido pelo nível de condicionamento do indivíduo, no entanto, as análises no DT e DF estão associadas com o VO_2 máx pelas variáveis desvio padrão dos intervalos normais (SDNN - *standard deviation of the NN intervals*), quantidade de sucessiva diferença de intervalos que diferem mais do 50 ms (PNN50 - *number successive differences of intervals that differ by more than 50 milliseconds*), baixa frequência (LF - *low frequency*), alta frequência (HF - *high frequency*), razão entre baixa frequência e alta frequência (LF/HF - *ratio between low frequency and high frequency*), transformadas em logaritmo natural (ln), respectivamente, lnSDNN, lnPNN50%, lnLF, lnHF e lnLF:HF.

Tanto as modalidades de esportes coletivos quanto as modalidades de esportes individuais utilizam índices da VFC para verificar o estado de modulação autonômica dos esportistas e/ou praticantes recreacionais. Tentativas de utilizar os índices de VFC para modular a intensidade do treinamento mostraram melhora no desempenho de *endurance* (VESTERINEN et al., 2016), desempenho neuromuscular (NUTTILA et al., 2017), e consumo de oxigênio (KIVINIEMI et al., 2007; VESTERINEN et al., 2016; NUUTTILA et al., 2017), além da melhora nos índices utilizados durante o período do estudo. O índice linear, raiz quadrada da média dos intervalos RR adjacentes normais (rMSSD), é a variável da VFC preferencialmente utilizada para monitoramento do treinamento, devido a ter menor influência das vias respiratórias, e poder ser reproduzida continuamente durante o processo de treinamento (BUCHHEIT, 2014).

Nas modalidades de *endurance*, frequentemente os praticantes não recreacionais são monitorados para análise do estado da modulação autonômica da FC. Buchheit et al. (2010) observaram correlação grande entre rMSSD e variáveis de *performance*, representadas pela velocidade aeróbia máxima (VAM) e tempo de prova, após 8 semanas de treinamento aeróbio pré-

determinado, em corredores recreacionais de 10 km. Já, Vesterinen et al. (2016) observaram em corredores recreacionais, que períodos de treinamento com alto volume e menor intensidade promoveu maior adaptação na velocidade pico em indivíduos com menores valores de VFC quando comparados aos indivíduos com maiores valores de VFC, enquanto que a melhora da mesma variável em indivíduos com maiores valores de VFC ocorreu durante período de alta intensidade de treinamento e menor volume de treinamento, além das variáveis de *performance* VO_2 máx, velocidade de corrida no limiar ventilatório e ponto de compensação respiratória, terem obtido melhora significativa.

A estratégia de corrida durante uma competição ou teste específico da modalidade é dependente de fatores como força dinâmica gerada e fatores ambientais que podem definir/regular a estratégia adotada, que pode ser uma estratégia de característica negativa, positiva, variada, contínua ou parabólica, sendo essa última conhecida como estratégia em U, e habitualmente é a mais utilizada entre corredores recreacionais e atletas (ABBISS, LAURSEN, 2008). Em teste específico da modalidade de *endurance*, além desses fatores para definir a estratégia e do período de treinamento que o indivíduo se encontra, Tomazini et al. (2015) observaram que a presença de um ou mais corredores influencia diretamente na *performance* individual, devido a uma velocidade mais agressiva, induzindo a um aumento da velocidade, durante os momentos iniciais e finais. Portanto, a *performance* individual ser influenciada pela presença de outros participantes que se encontrem no mesmo nível.

Como hipótese para o estudo é esperado que as variáveis da modulação autonômica da FC, obtidas em ambiente controlado, apresentem correlação significativa com as variáveis fisiológicas que auxiliam no desempenho de *endurance*, sendo o método de análise no domínio do tempo o que melhor se correlacionará com as análises em laboratório e em simulado específico da modalidade. E que durante uma situação competitiva, a presença de um ou mais competidor(es) possa estimular um aumento da velocidade em alguns momentos do simulado específico da modalidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral:

Avaliar a relação entre variabilidade da frequência cardíaca e *performance* em teste incremental, economia de corrida e simulação individual de 5km (5km_{IND}) e coletivo (5km_{COL}).

2.2 Específicos:

Apresentar, como caracterização da amostra, os valores das variáveis fisiológicas consumo de oxigênio (VO_2), durante:

- Economia de corrida (EC)
- Limiares ventilatórios (limiar ventilatório e ponto de compensação respiratória)
- $VO_{2máx}$

O lactato sanguíneo após:

- EC
- $VO_{2máx}$
- 5km_{IND}
- 5km_{COL}

Além de avaliar a correlação dos índices de VFC com:

- O lac após EC e $VO_{2máx}$
- Os limiares de VO_2
- Velocidade dos limiares de VO_2

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Participantes

Inicialmente foram recrutados 19 voluntários, praticantes da modalidade de *endurance* (corrida). Como critério de inclusão: i) não ser fumante, ii) não ter doenças cardiovasculares, respiratórias e metabólicas, iii) livre de lesões músculo esquelética, iv) ter experiência mínima de três anos na modalidade. Um voluntário foi excluído devido a não ter realizado uma das avaliações proposta durante o estudo. Assim, a amostra foi composta por 18 voluntários homens com idade de 32 ± 7 anos, estatura de $1,7 \pm 0,1$ m, massa corporal $67,2 \pm 7,8$ kg, percentual de gordura de $6,3 \pm 0,8$ %, prática de $5,2 \pm 4,7$ anos na modalidade, frequência semanal de $5,78 \pm 0,53$ e volume semanal de $8,3 \pm 2,3$ horas.

3.2 Procedimentos

O estudo foi delineado como observacional (segundo as recomendações do *guideline*/iniciativa STROBE), aprovado pelo Comitê de Ética com protocolo 02.071-013 (ANEXO 1) e todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os voluntários tiveram quatro participações em momentos distintos durante o experimento. A primeira participação foi realizada em uma pista de atletismo oficial, com metragem de 400 metros (m), onde realizaram a familiarização da VFC de repouso na posição supinada, e do tempo de prova de simulado individual de 5 km (5km_{IND}). Após 72 horas da familiarização, ocorreu a segunda participação, composta pela primeira visita ao Laboratório de Avaliação e Intervenção Aplicadas ao Sistema Cardiorrespiratório (LAIASC) do Programa de Pós-graduação Ciências do Movimento Humano (PPG-CMH), da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), onde foi realizado o registro da VFC em repouso na posição supinada, seguido do teste de economia de corrida (EC), e posteriormente o teste de exercício cardiopulmonar (TECP) com o protocolo de rampa, para obtenção do consumo máximo de oxigênio (VO₂máx), do limiar ventilatório (LV) e do ponto de compensação respiratória (PCR). A terceira e quarta participações ocorreram após sete e 14 dias, respectivamente, nas quais foram realizados o 5km_{IND} e o tempo de prova de simulado coletivo de 5 km (5km_{COL}) por todos os voluntários, no mesmo local utilizado para a

familiarização. A representação do desenho experimental está apresentada na Figura 1. No segundo momento, as avaliações foram realizadas no LAIASC, com temperatura controlada de $21,0 \pm 1,0$ °C, onde foram realizadas as avaliações referentes a VFC em repouso, VO_2 durante o teste de EC e teste de exercício cardiopulmonar (TECP) ($VO_{2m\acute{a}x}$). A mensuração de lactato foi realizada após a coleta da VFC repouso, e imediatamente após os estímulos de EC e o TECP. Pelo TECP foram avaliadas as seguintes variáveis: velocidade no limiar ventilatório (V_{LV}), no ponto de compensação respiratória (V_{PCR}) e no $VO_{2m\acute{a}x}$ ($vVO_{2m\acute{a}x}$). O desempenho dos corredores foi avaliado pelo tempo de prova $5km_{IND}$, realizado sete dias após as avaliações realizadas no laboratório, na mesma pista de atletismo oficial que foi realizada a sessão de familiarização, seguido do $5km_{COL}$ após sete dias da conclusão do $5km_{IND}$. O lactato foi mensurado imediatamente após a $EC_{8km/h}$, $EC_{12km/h}$, $VO_{2m\acute{a}x}$, $5km_{IND}$ e $5km_{IND}$. Os dados dos iR-R foram exportados para um computador portátil para análises das variáveis da VFC através do *software* Kubios HRV.

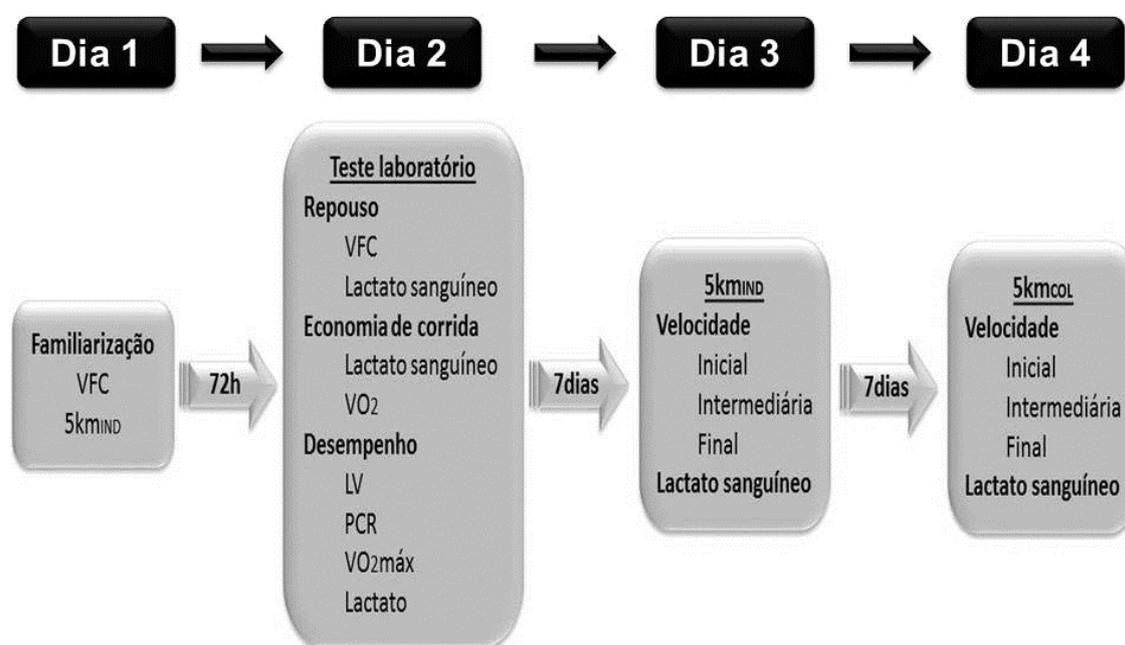


Figura 1. Desenho experimental.

Legenda: VFC = variabilidade da frequência cardíaca; $5km_{IND}$ = tempo de prova do simulado individual de 5 km. $5km_{COL}$ = tempo de prova do simulado coletivo de 5 km; VO_2 = consumo de oxigênio, LV = limiar ventilatório, PCR = ponto de compensação respiratória, $VO_{2m\acute{a}x}$ = consumo máximo de oxigênio.

3.3 Familiarização

Durante a familiarização do 5km_{IND} os voluntários se deslocaram até a pista de atletismo oficial, com metragem de 400m (pista 400m). Todos receberam instruções verbais para que simulassem uma situação real de competição e optassem pela melhor estratégia individual. Além do 5km_{IND}, os voluntários foram familiarizados com o local e a temperatura ambiente. Antes do iniciar o 5km_{IND} foram familiarizados com a mensuração da VFC de repouso na posição supinada, em uma área coberta ao lado da pista de atletismo.

3.4 Variabilidade da Frequência Cardíaca

No segundo momento, todas as mensurações foram realizadas em sala silenciosa, climatizada com temperatura $21,0 \pm 1,0$ °C, umidade relativa do ar entre 40% e 60% e baixa iluminação, na posição supinada (FLATT et al., 2015). Os participantes receberam instrução verbal para manter a respiração espontânea (BUCHHEIT et al., 2014). Os iR-R foram gravados e monitorados por um avaliador experiente durante 7 a 10 minutos, garantindo um mínimo de 256 batimentos (TASK FORCE, 1996), através de um monitor cardíaco Polar RS800 (Polar Electro, Kempele, Finland) validado por Gamelin et al. (2006) em comparação com eletrocardiograma. Os dados salvos foram exportados para o software de análise Polar System, seguido de transferência para uma planilha no Excel e salvo em arquivos de texto - txt. Posteriormente foram importados para um *software* específico de análise Kubios HRV versão 3.1 (Figura 2) (TARVAINEN, 2014).

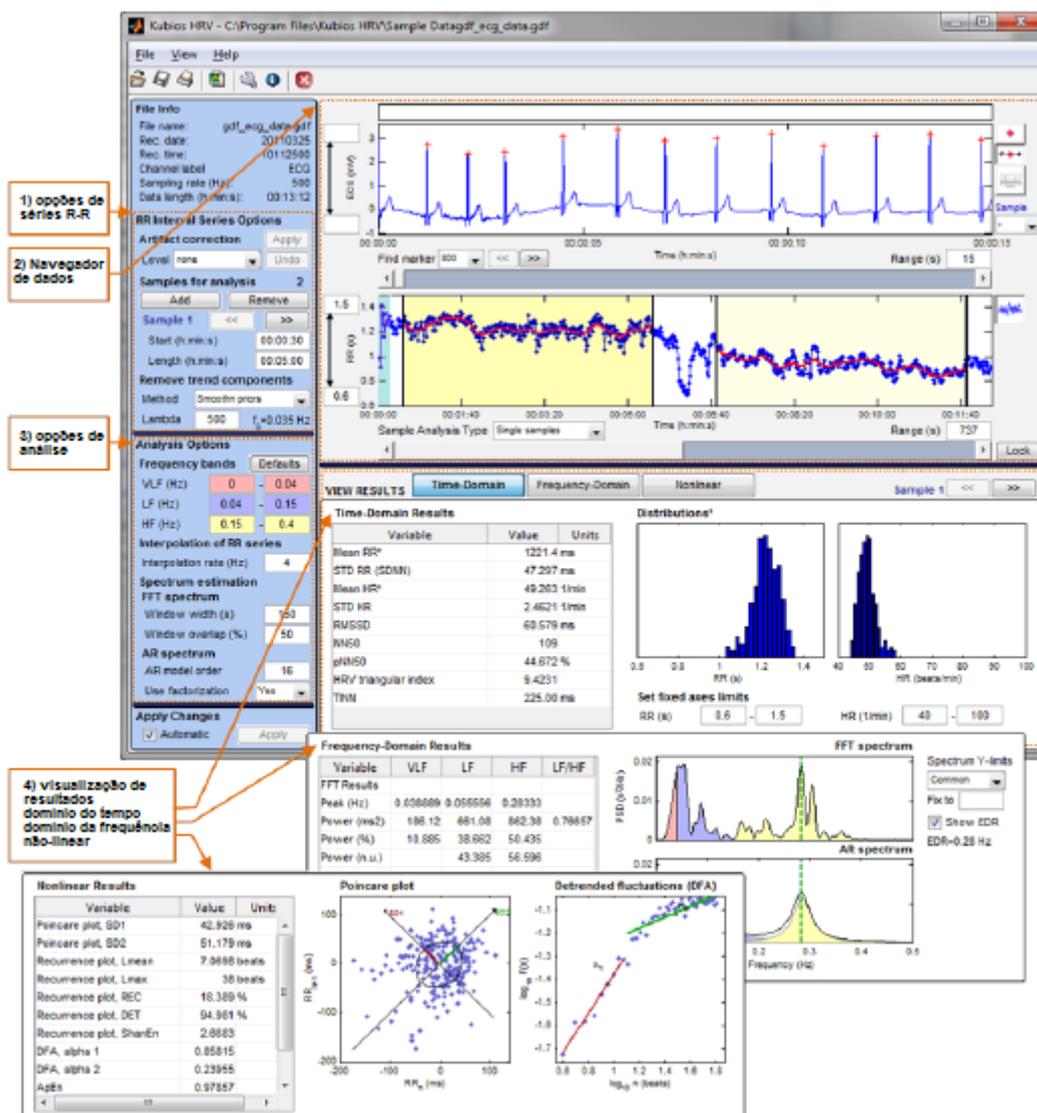


Figura 2. Ilustração da interface gráfica do usuário dividida em 4 segmentos: 1) opções de séries de iR-R, 2) navegador de dados, 3) opções de análise e 4) visualização de resultados. A visualização de resultados é dividida em análise no domínio do tempo, domínio da frequência e análise não linear. Adaptado Tarvainen et al. (2014).

3.4.1 Análise no Domínio do tempo

Pela análise no domínio do tempo (DT), a FC foi determinada entre sucessivos batimentos cardíacos normais, que foram registrados pela detecção do complexo QRS (despolarização ventricular) e chamado de intervalos normais (NN). Foram calculados parâmetros como intervalos R-R (iR-R), desvio-padrão da média de todos os intervalos RR normais, expresso em ms (SDNN), raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, expressa em ms (rMSSD), e a porcentagem de intervalos RR adjacentes com diferença de duração superior a 50 ms (pNNS50%) (KARIM et al., 2011).

3.4.2 Domínio da Frequência

A análise no domínio da frequência (DF) permitiu identificar a contribuição simpática e parassimpática da VFC. A análise de densidade de força espectral (PSD) não paramétrica forneceu informações básicas como força (potência), além da variância, distribuída como uma função de frequência usando a transformada rápida de *Fourier* (FFT). A FFT permitiu as análises dos componentes da PSD para ser quantificado dentro de diferentes bandas de frequência (ACHTEN e JEUKENDRUP, 2003). Os dados foram fornecidos em muito baixa frequência (VLF – *very low frequency*), baixa frequência (LF – *low frequency*) e alta frequência (HF – *high frequency*). A unidade de medida da FFT foi fornecida em Hertz (Hz) sendo 0,00-0,04, 0,04-0,15, 0,15-0,40, respectivamente, para VLF, LF e HF. As unidades normalizadas (un) da LF e HF foram expressas em porcentagem (%). Além da razão LF:HF, fornecendo unidade de medida de milissegundos ao quadrado (ms²) (TASK FORCE, 1996).

3.4.3 Análise não-linear

A análise não-linear dos intervalos NN descrevem a natureza caótica do sinal (TARVAINEN et al., 2014). Os dados foram analisados pela plotagem de *Poincaré*, que é uma representação gráfica da correlação de sucessivos intervalos NN (BRENNAN et al., 2001). A análise compreendeu a montagem de uma elipse orientada de acordo com a linha de identidade e computando o desvio padrão (SD – *standard deviation*) dos pontos perpendiculares ao longo da linha de identidade, referido como SD1 e SD2, respectivamente (BRENNAN et al., 2001).

3.5 Economia de corrida

Caracterizada por ser o estado de equilíbrio do consumo submáximo de oxigênio (LARSEN et al., 2015), a economia de corrida (EC) foi realizada antes de iniciar o teste de exercício cardiopulmonar incremental. O consumo de oxigênio (VO₂) durante a EC foi mensurado de acordo com protocolo adotado no teste incremental (descrito abaixo). Foram utilizados dois estímulos com diferentes intensidades, respectivamente, sendo 8 km/h e 12 km/h. Durante os estímulos pré-determinados os indivíduos permaneceram em velocidade

constante durante 5 minutos para cada estímulo pré-determinado, com pausa passiva de três minutos entre os estímulos (TOMAZINI et al., 2015).

3.6 Teste incremental

A mensuração das variáveis ventilatórias foram captadas por um analisador de gases, utilizando um sistema automatizado a cada respiração (MedGraphics VO2000, St. Paul Minnesota, USA) durante todo o teste. O sistema foi calibrado antes de iniciar o teste, segundo as recomendações do fabricante. O teste foi realizado em uma esteira rolante com inclinação de 1%, por intermédio de um protocolo de teste incremental com velocidade inicial de 9 km/h e incremento de 0,5 km/h a cada minuto (BUCHHEIT et al., 2006).

Os critérios utilizados para interromper o teste foram i) Platô no VO_2 apesar de uma carga de trabalho crescente; ii) relação de troca respiratória final 1:1; iii) exaustão voluntária (HAUTALA et al., 2003).

As variáveis ventilatórias obtidas durante o teste foram: i) consumo de oxigênio no limiar ventilatório (VO_{2LV}); ii) consumo de oxigênio no ponto de compensação respiratória (VO_{2PCR}); iii) consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$). As variáveis de desempenho obtidas foram: i) velocidade no VO_{2LV} (V_{LV}), velocidade no VO_{2PCR} (V_{PCR}) e velocidade no $VO_{2máx}$ ($V_{VO_{2máx}}$).

3.7 Lactato

O lactato sanguíneo foi coletado em seis momentos diferentes. Quando os indivíduos estavam em condição de repouso, após a gravação dos iR-R, imediatamente após a economia de corrida de 8 km/h ($EC_{8km/h}$), 12 km/h ($EC_{12km/h}$) e logo após o teste incremental para obtenção do $VO_{2máx}$. O lactato após o teste de exercício cardiopulmonar foi coletado imediatamente após os corredores completarem o 5km_{IND} e o 5km_{COL}. Em todos os momentos o lactato foi coletado por uma amostra de sangue (25 ul) do dedo, por intermédio de tubos capilares heparinizados e transferidos para microtubos contendo 50ml de fluoreto de sódio 1% e analisados pelo método eletro-enzimático por um analisador de lactato (YSI 2300 Dados analyzer, Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH, EUA) (PYNE et al., 2000).

3.8 Tempo de prova de simulado individual de 5 km (5km_{IND})

O 5km_{IND} foi realizado no período da manhã entre 7:30h e 10:00h e todos os voluntários receberam a instrução verbal para que corressem como se estivessem em um evento competitivo, portanto deveriam correr o mais rápido possível para completar o 5km_{IND}. Os voluntários se posicionaram na pista e após o sinal sonoro iniciaram o 5km_{IND}. Durante o 5km_{IND} foi anotado, manualmente, o tempo a cada 100m em segundos, totalizando 50 anotações. A velocidade média a cada 100m foi calculada após o teste, em uma planilha do Excel e posteriormente obtida a média da velocidade inicial (V_{0-400m}) durante os 400m iniciais, da velocidade intermediária ($V_{400-4600m}$) e velocidade final ($V_{4600-5000m}$) durante os 400m finais (TOMAZINI et al., 2015).

3.9 Tempo de prova do simulado coletivo de 5 km (5km_{COL})

Para o 5km_{COL} foi utilizado o mesmo procedimento do 5km_{IND}, para determinar as variáveis de desempenho e simular um evento competitivo, no mesmo período do dia. Os indivíduos foram separados por conveniência intencional, a partir da *performance* obtida durante o 5km_{IND}, para que pudesse aumentar o nível de competitividade e simulasse uma situação real de competição. Os voluntários, portanto, foram separados em dois grupos de cinco e dois grupos de quatro para a realização do 5km_{COL} (TOMAZINI et al., 2015).

3.10 Análise estatística

Estatísticas descritivas foram primeiramente calculadas para todas as variáveis. Os dados descritivos estão apresentados em média \pm desvio padrão. A normalidade e homogeneidade da variância dos dados foram verificadas pela inspeção visual da frequência do histograma, seguido do teste de Shapiro-Wilk. O Coeficiente de Correlação de Pearson foi utilizado para avaliar a relação entre as variáveis da VFC e as variáveis fisiológicas ($EC_{8km/h}$, $EC_{12km/h}$, VO_{2LV} , VO_{2PCR} , $VO_{2m\acute{a}x}$, lactato $EC_{8km/h}$, lactato $EC_{12km/h}$, lactato $VO_{2m\acute{a}x}$), e VFC e desempenho (vVO_{2LV} , vVO_{2PCR} , $vVO_{2m\acute{a}x}$), sendo adotado os seguintes limiares: trivial (<0,1), pequeno (>0,1-0,3), moderado (>0,3-0,5), grande (>0,5-0,7), muito grande (>0,7-0,9), quase perfeito (>0,9) (Hopkins et al., 2009). Foi

utilizada a análise de variância (ANOVA) medidas repetidas dois fatores para comparar os dados de *performance* (V_{0-400m} , $V_{400-4600m}$ e $V_{4600-5000m}$) obtidas durante o 5km_{IND} e 5km_{COL} (velocidade x condição). ANOVA foi seguida pelo *post hoc* de Bonferroni para determinar a diferença significativa. A Esfericidade assumida foi avaliada usando o teste de Mauchly. O fator de correção de Greenhouse-Geisser foi aplicado quando a esfericidade fosse violada ($P < 0,005$). O tamanho do efeito foi avaliado usando o eta parcial quadrado (η^2_p), sendo $<0,06$; $0,06-0,14$ e $>0,14$ indicando efeito pequeno, médio e grande, respectivamente. A magnitude das diferenças foi examinada utilizando a diferença padronizada, baseada nas unidades de Cohen *d pooled* pela média do tamanho de efeito (*d*). Os resultados de *d* foram qualitativamente interpretados usando os seguintes limiares: trivial ($<0,2$), pequeno ($0,2-0,6$), moderado ($0,6-1,2$), grande ($1,2-2,0$), muito grande ($2,0-4,0$), quase perfeito ($>4,0$) (Hopkins et al., 2009). A mínima diferença detectável (MDD) baseado em um pequeno efeito padronizado pelo princípio do tamanho do efeito de Cohen foi verificada através multiplicação do DP entre os sujeitos por 0,2. Os limiares da MDD foram representados por trivial ($<0,2$), pequeno ($0,2$), moderado ($0,6$), grande ($1,2$) e muito grande ($2,0$), significando que qualquer mudança pode ser considerada trivial ($<1x$), pequena ($1x$), moderada ($3x$), grande ($6x$), muito grande ($10x$) (Buchheit, 2016). Para a comparação da média do lactato pós 5km_{IND} e 5km_{COL} foi utilizado o teste T pareado. Os gráficos foram formatados através do *software GraphPad Prism* versão 6.0 (La JOLLA, CA, USA).

4 RESULTADOS

Na Tabela 1 estão apresentados os dados descritivos da VFC nos índices lineares no domínio do tempo e domínio da frequência e índices não-lineares.

Tabela 1. Dados descritivos dos índices da variabilidade da frequência cardíaca analisados por modelos lineares no domínio do tempo e domínio da frequência, e por modelos não-lineares.

Índices	Média	DP
<i>Domínio do tempo</i>		
iR-R (ms)	1204	189
SDNN (ms)	65	19
FC (bpm)	51	7
RMSSD (ms)	75	22
pNN50%	42	16
<i>Domínio da frequência</i>		
LF (ms²)	2467	1884
HF (ms²)	1868	1056
nuLF (%)	54	14
nuHF (%)	46	14
LF/HF (ms²)	1,42	0,79
<i>Não-linear</i>		
SD1 (ms)	52	16
SD2 (ms)	74	23

Notas: intervalos R-R (iR-R), desvio padrão dos intervalos normais (SDNN - *standard deviation of the NN intervals*), frequência cardíaca (FC), logaritmo natural da raiz quadrada da média dos intervalos RR adjacentes normais (lnRMSSD - *log nature root mean squared of successive difference of intervals*), quantidade de sucessiva diferença de intervalos que diferem mais do 50 ms (PNN50 - *number successive differences of intervals that differ by more than 50 milliseconds*), baixa frequência (LF - *low frequency*), alta frequência (HF - *high frequency*), unidades normalizadas de baixa frequência (nuLF - *normalized units low frequency*), unidades normalizadas de alta frequência (nuHF - *normalized units high frequency*), razão entre baixa frequência e alta frequência (LF/HF - *ratio between low frequency and high frequency*), e método não-linear, desvio padrão do *Poincaré* plot mensurado em curta duração (SD1 - *standard deviation 1*), e longa duração (SD2 - *standard deviation 2*).

Na Tabela 2 estão apresentados os dados descritivos das variáveis fisiológicas e de *performance*, mensurados pela velocidade (km/h), obtidos durante os teste de laboratório e/ou na pista 400m.

Tabela 2. Dados descritivos das variáveis fisiológicas (lactato e VO₂) e de performance (velocidade - km/h)

	Lactato (mmol/L)	VO ₂ (ml/kg/min)	Velocidade (Km/h)
Repouso EC	1,88 ± 0,71	-	-
Repouso 5km _{IND}	1,73 ± 0,45	-	-
Repouso 5km _{COL}	1,93 ± 0,48	-	-
EC _{8km/h}	3,16 ± 1,44	22,70 ± 3,43	-
EC _{12km/h}	4,81 ± 2,33	45,45 ± 3,85	-
VO _{2LV}	-	47,84 ± 7,15	12,97 ± 1,18
VO _{2PCR}	-	62,57 ± 7,31	15,89 ± 1,51
VO _{2máx}	10,78 ± 2,64	73,74 ± 8,42	18,11 ± 1,51
5km _{IND}	7,79 ± 1,39	-	16,66 ± 1,56
5km _{COL}	8,34 ± 1,06	-	16,65 ± 1,63

Notas: economia de corrida (EC), economia de corrida 8 km/h (EC_{8km/h}), economia de corrida 12 km/h (EC_{12km/h}), consumo de oxigênio no limiar ventilatório (VO_{2LV}), consumo de oxigênio no ponto de compensação respiratória (VO_{2PCR}), consumo máximo de oxigênio (VO_{2máx}), tempo de prova de simulado individual de 5 km (5km_{IND}), tempo de prova de simulado coletivo de 5 km (5km_{COL}).

Quando correlacionadas as variáveis fisiológicas mensuradas e as variáveis da VFC, o lactato não apresentou correlação significativa com nenhum dos índices da VFC (Figura 3).

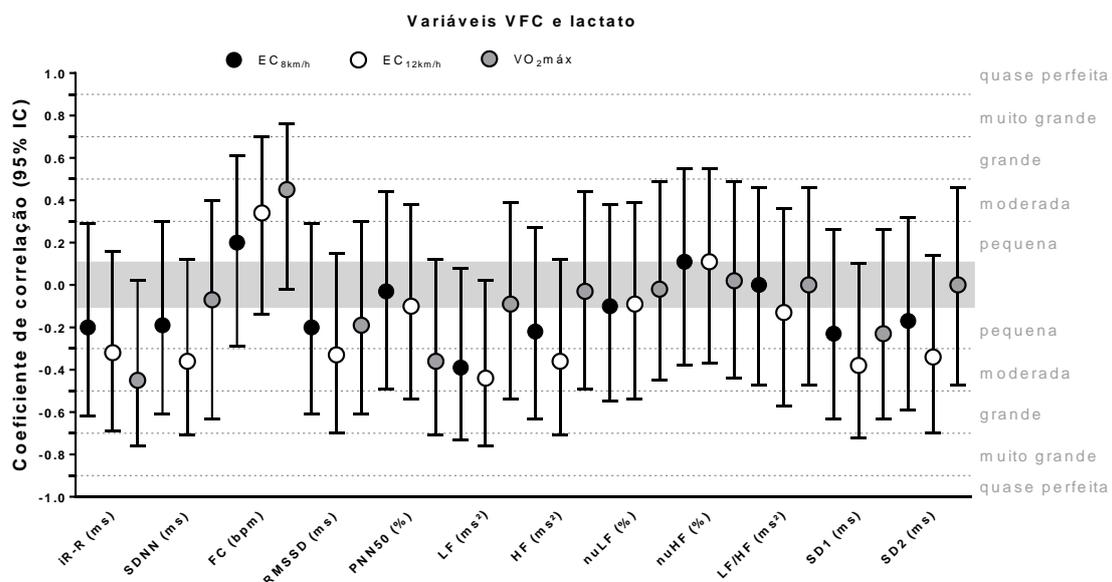


Figura 3. Correlação e intervalo de confiança 95% (IC 95%) entre variável fisiológica lactato mensurado após teste de economia de corrida 8 km/h (EC_{8km/h}), 12 km/h (EC_{12km/h}) e consume máximo de oxigênio (VO_{2máx}), as variáveis de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) analisadas pelo método domínio do tempo, intervalos R-R (iR-R - RR intervals), desvio padrão dos intervalos normais (SDNN - standard deviation of the NN intervals), frequência cardíaca

(FC), logaritmo natural da raiz quadrada da média dos intervalos RR adjacentes normais (lnRMSSD - *log nature root mean squared of successive difference of intervals*), quantidade de sucessiva diferença de intervalos que diferem mais do 50 ms (PNN50 - *number successive differences of intervals that differ by more than 50 milliseconds*); método de domínio da frequência, baixa frequência (LF - *low frequency*), alta frequência (HF - *high frequency*), unidades normalizadas de baixa frequência (nuLF - *normalized units low frequency*), unidades normalizadas de alta frequência (nuHF - *normalized units high frequency*), razão entre baixa frequência e alta frequência (LF/HF - *ratio between low frequency and high frequency*), e método não linear, desvio padrão do *Poincaré* plot mensurado em curta duração (SD1 - *standard deviation 1*), e longa duração (SD2 - *standard deviation 2*). A área cinza representa o limiar de correlação trivial, enquanto que as linhas pontilhadas representam os limiares de correlação pequena, moderada, grande, muito grande e quase perfeita. O círculo escuro representa o lactato após EC_{8km/h}. O círculo branco representa o lactato após EC_{12km/h}. O círculo cinza representa o lactato após o VO₂máx. *P ≤ 0.05.

Em relação ao VO₂ obtido na EC_{8km/h}, o mesmo apresentou correlação significativa com os índices SDNN (r= 0,49, IC95%= 0,03-0,78, r²= 0,24, P= 0,03), HF (r= 0,62, IC95%= 0,22-0,84, r²= 0,38, P= 0,005) e SD1 (r= 0,59, IC95%= 0,17-0,83, r²= 0,34, P= 0,01) (Figura 4). O índice RMSSD apresenta correlação significativa não clara (r= 0,57, IC95%= 0,15-0,82, r²= 0,33, P= 0,01) com o VO₂EC_{8km/h}.

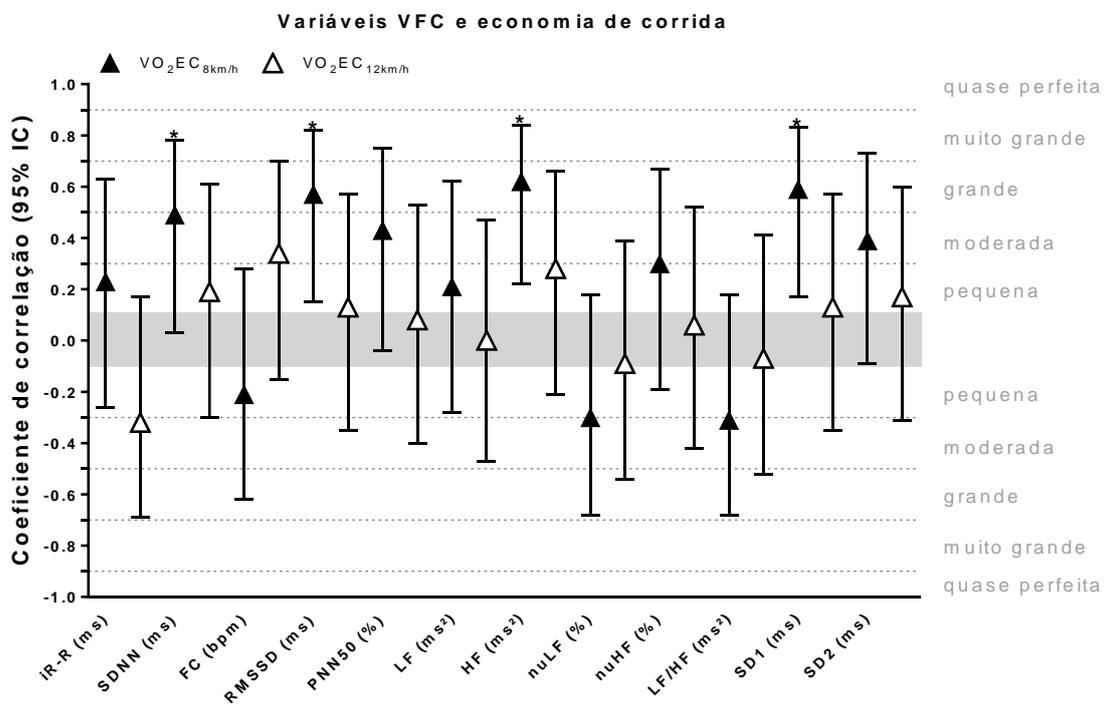


Figura 4. Correlação e intervalo de confiança 95% (IC 95%) entre variável fisiológica consumo de oxigênio (VO₂) obtido durante teste de economia de corrida 8 km/h (VO₂EC_{8km/h}) e 12 km/h (VO₂EC_{12km/h}), e as variáveis de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) analisadas pelo método domínio do tempo, intervalos R-R (iR-R - *RR intervals*), desvio padrão dos intervalos normais (SDNN - *standard deviation of the NN intervals*), frequência cardíaca (FC), logaritmo natural da raiz quadrada da média dos intervalos RR adjacentes normais (lnRMSSD - *log nature root mean squared of successive difference of intervals*), quantidade de sucessiva

diferença de intervalos que diferem mais do 50 ms (PNN50 - *number successive differences of intervals that differ by more than 50 milliseconds*); método de domínio da frequência, baixa frequência (LF - *low frequency*), alta frequência (HF - *high frequency*), unidades normalizadas de baixa frequência (nuLF - *normalized units low frequency*), unidades normalizadas de alta frequência (nuHF - *normalized units high frequency*), razão entre baixa frequência e alta frequência (LF/HF - *ratio between low frequency and high frequency*), e método não linear, desvio padrão do *Poincaré plot* mensurado em curta duração (SD1 - *standard deviation 1*), e longa duração (SD2 - *standard deviation 2*). A área cinza representa o limiar de correlação trivial, enquanto que as linhas pontilhadas representam os limiares de correlação pequena, moderada, grande, muito grande e quase perfeita. O triângulo escuro representa o $VO_{2EC_{8km/h}}$. O triângulo branco representa o $VO_{2EC_{12km/h}}$. * $P \leq 0.05$.

Das variáveis obtidas durante o teste incremental foi observado correlação significativa do VO_{2PCR} com os índices da VFC SDNN ($r= 0,49$, $IC_{95\%}= 0,04-0,78$, $r^2= 0,24$, $P= 0,03$), LF ($r= 0,61$, $IC_{95\%}= 0,21-0,84$, $r^2= 0,37$, $P= 0,006$) e SD2 ($r= 0,50$, $IC_{95\%}= 0,05-0,79$, $r^2= 0,25$, $P= 0,03$), enquanto que o $VO_{2máx}$ apresenta correlação significativa com as variáveis SDNN ($r= 0,66$, $IC_{95\%}= 0,27-0,86$, $r^2= 0,43$, $P= 0,003$), RMSSD ($r= 0,62$, $IC_{95\%}= 0,21-0,84$, $r^2= 0,38$, $P= 0,006$), LF ($r= 0,58$, $IC_{95\%}= 0,16-0,82$, $r^2= 0,33$, $P= 0,01$), HF ($r= 0,58$, $IC_{95\%}= 0,00-0,87$, $r^2= 0,33$, $P= 0,01$), SD1 ($r= 0,62$, $IC_{95\%}= 0,23-0,85$, $r^2= 0,39$, $P= 0,005$) e SD2 ($r= 0,61$, $IC_{95\%}= 0,21-0,84$, $r^2= 0,37$, $P= 0,007$) (Figura 5).

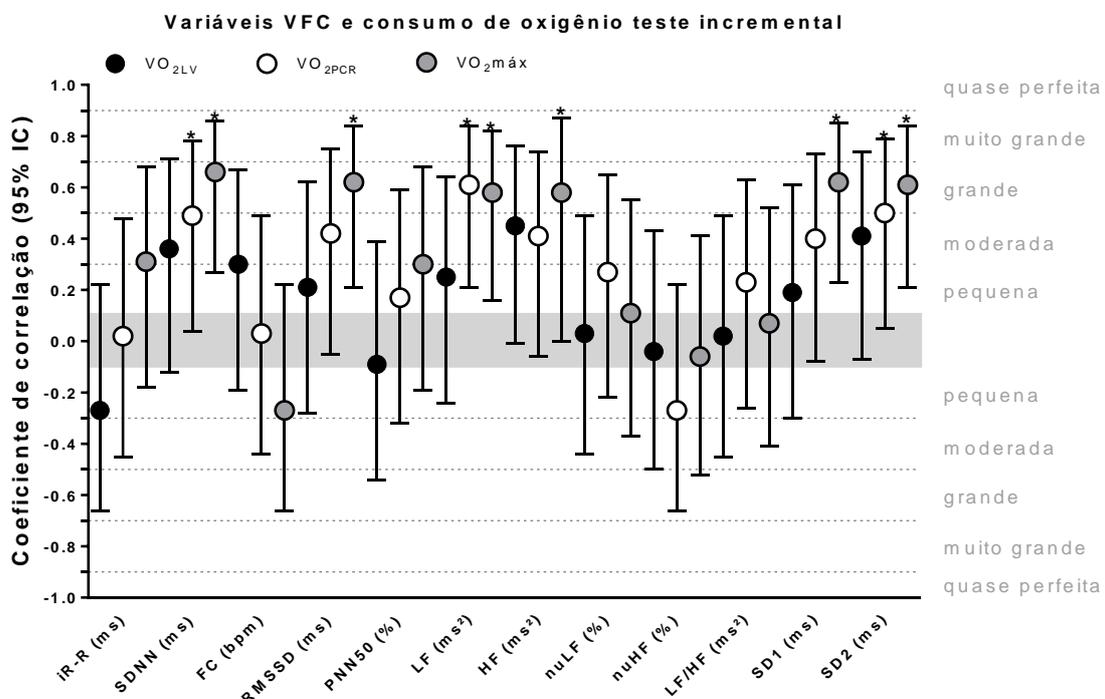


Figura 5. Correlação e intervalo de confiança 95% (IC 95%) entre variável fisiológica consumo de oxigênio (VO_2) obtido durante o limiar ventilatório (VO_{2LV}), ponto de compensação respiratória (VO_{2PCR}) e máximo ($VO_{2máx}$) do teste incremental, e as variáveis de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) analisadas pelo método domínio do tempo, intervalos R-R (iR-R -

RR intervals), desvio padrão dos intervalos normais (SDNN - *standard deviation of the NN intervals*), frequência cardíaca (FC), logaritmo natural da raiz quadrada da média dos intervalos RR adjacentes normais (lnRMSSD - *log nature root mean squared of successive difference of intervals*), quantidade de sucessiva diferença de intervalos que diferem mais do 50 ms (PNN50 - *number successive differences of intervals that differ by more than 50 milliseconds*); método de domínio da frequência, baixa frequência (LF - *low frequency*), alta frequência (HF - *high frequency*), unidades normalizadas de baixa frequência (nuLF - *normalized units low frequency*), unidades normalizadas de alta frequência (nuHF - *normalized units high frequency*), razão entre baixa frequência e alta frequência (LF/HF - *ratio between low frequency and high frequency*), e método não linear, desvio padrão do *Poincaré* plot mensurado em curta duração (SD1 - *standard deviation 1*), e longa duração (SD2 - *standard deviation 2*). A área cinza representa o limiar de correlação trivial, enquanto que as linhas pontilhadas representam os limiares de correlação pequena, moderada, grande, muito grande e quase perfeita. O círculo escuro representa o VO_{2LV} . O círculo branco representa o VO_{2PCR} . O círculo cinza representa o $VO_{2máx}$. * $P \leq 0.05$.

A *performance* pelo teste incremental a partir das velocidades nos limiares, apresentou correlação significativa entre a vVO_{2PCR} e a variável LF ($r=0,50$, $IC_{95\%}=0,05-0,79$, $r^2=0,25$, $P=0,03$), enquanto que a $vVO_{2máx}$ apresentou correlação significativa com as variáveis de VFC SDNN ($r=0,56$, $IC_{95\%}=0,14-0,82$, $r^2=0,32$, $P=0,01$), RMSSD ($r=0,50$, $IC_{95\%}=0,04-0,78$, $r^2=0,24$, $P=0,03$), LF ($r=0,57$, $IC_{95\%}=0,14-0,82$, $r^2=0,32$, $P=0,01$), SD1 ($r=0,51$, $IC_{95\%}=0,05-0,79$, $r^2=0,25$, $P=0,03$) e SD2 ($r=0,55$, $IC_{95\%}=0,11-0,81$, $r^2=0,30$, $P=0,02$) (Figura 6).

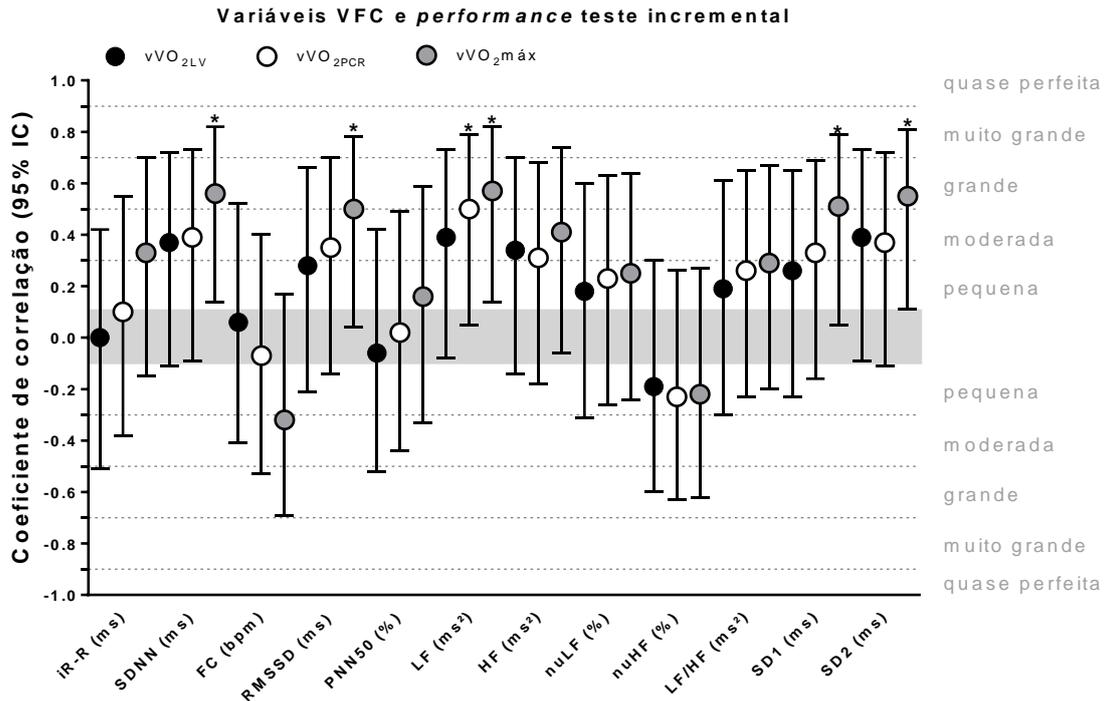


Figura 6. Correlação e intervalo de confiança 95% (IC 95%) entre a *performance* durante o teste incremental na velocidade de consumo de oxigênio (vVO_2) obtido durante o limiar ventilatório (vVO_{2LV}), ponto de compensação respiratória (vVO_{2PCR}) e máximo ($vVO_{2máx}$), e as variáveis de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) analisadas pelo método domínio do tempo, intervalos R-R (iR-R - *RR intervals*), desvio padrão dos intervalos normais (SDNN - *standard deviation of the NN intervals*), frequência cardíaca (FC), logaritmo natural da raiz quadrada da média dos intervalos RR adjacentes normais (lnRMSSD - *log nature root mean squared of successive difference of intervals*), quantidade de sucessiva diferença de intervalos que diferem mais do 50 ms (PNN50 - *number successive differences of intervals that differ by more than 50 milliseconds*); método de domínio da frequência, baixa frequência (LF - *low frequency*), alta frequência (HF - *high frequency*), unidades normalizadas de baixa frequência (nuLF - *normalized units low frequency*), unidades normalizadas de alta frequência (nuHF - *normalized units high frequency*), razão entre baixa frequência e alta frequência (LF/HF - *ratio between low frequency and high frequency*), e método não linear, desvio padrão do *Poincaré plot* mensurado em curta duração (SD1 - *standard deviation 1*), e longa duração (SD2 - *standard deviation 2*). A área cinza representa o limiar de correlação trivial, enquanto que as linhas pontilhadas representam os limiares de correlação pequena, moderada, grande, muito grande e quase perfeita. O círculo escuro representa a vVO_{2LV} . O círculo branco representa a vVO_{2PCR} . O círculo cinza representa a $vVO_{2máx}$. * $P \leq 0.05$.

A análise de variância das velocidades do 5km_{IND} apresenta média de efeito principal significativo com tamanho de efeito grande ($F_{1.507,25.611} = 12,97$; $P < 0,001$; $\eta^2_p = 0,43$), com diferença significativa entre V_{0-400m} para $V_{400-4600m}$ e $V_{400-4600m}$ para $V_{4600-5000m}$, e tamanho de efeito moderado e grande, respectivamente (Figura 7A). A magnitude de mudança entre a V_{0-400m} para $V_{400-4600m}$ está apresentada na Figura 7B, sendo trivial para 3 corredores,

pequena para 6 corredores, moderada 4 corredores e grande para 5 corredores. Enquanto que entre a $V_{400-4600m}$ para $V_{4600-5000m}$ foi encontrada a magnitude de mudança trivial para 2 corredores, pequena para 6 corredores, moderada para 7 corredores e grande para 3 corredores (Figura 7C). Apesar de não apresentar diferença significativa entre V_{0-400m} e $V_{4600-5000m}$ (Figura 7A), foram observadas magnitude de mudança trivial para 4 corredores, pequena para 5 corredores, moderada para 4 corredores e grande para 5 corredores (Figura 7D).

não representa mudanças. O círculo escuro representa cada atleta. (D) representa a magnitude de mudança na velocidade entre a V_{0-400m} e $V_{4600-5000m}$. A área cinza representa a mudança trivial. A linha pontilhada é o limiar de mudança pequena, moderada e grande. A linha tracejada não representa mudanças. O círculo escuro representa cada atleta.

A Figura 8 apresenta a relação entre as variáveis de VO_2 obtidas em laboratório, a magnitude de mudança durante o 5km_{IND} e a performance durante a V_{0-400m} , $V_{400-4600m}$ e $V_{4600-5000m}$. Durante a V_{0-400m} , onde observou-se correlação significativa com o $VO_{2EC_{8km/h}}$ ($r= 0,56$, $IC95\%= 0,12-0,81$, $r^2= 0,31$, $P= 0,01$) e $VO_{2m\acute{a}x}$ ($r= 0,69$, $IC95\%= 0,34-0,88$, $r^2= 0,48$, $P= 0,001$), enquanto que durante a $V_{400-4600m}$ apresentou correlação significativa com o $VO_{2EC_{8km/h}}$ ($r= 0,52$, $IC95\%= 0,07-0,79$, $r^2= 0,27$, $P= 0,02$), VO_{2PCR} ($r= 0,62$, $IC95\%= 0,21-0,84$, $r^2= 0,38$, $P= 0,006$) e $VO_{2m\acute{a}x}$ ($r= 0,83$, $IC95\%= 0,60-0,94$, $r^2= 0,69$, $P< 0,001$). A $V_{4600-5000m}$ do 5km_{IND} apresentou correlação significativa com o $VO_{2EC_{8km/h}}$ ($r= 0,58$, $IC95\%= 0,15-0,82$, $r^2= 0,33$, $P= 0,01$), VO_{2LV} ($r= 0,50$, $IC95\%= 0,04-0,78$, $r^2= 0,25$, $P= 0,03$), VO_{2PCR} ($r= 0,60$, $IC95\%= 0,19-0,83$, $r^2= 0,36$, $P= 0,008$) e $VO_{2m\acute{a}x}$ ($r= 0,82$, $IC95\%= 0,59-0,94$, $r^2= 0,68$, $P< 0,001$). Não foi observada correlação significativa entre as magnitudes de mudança do 5km_{IND} e o VO_2 obtido em teste de laboratório (Figura 8).

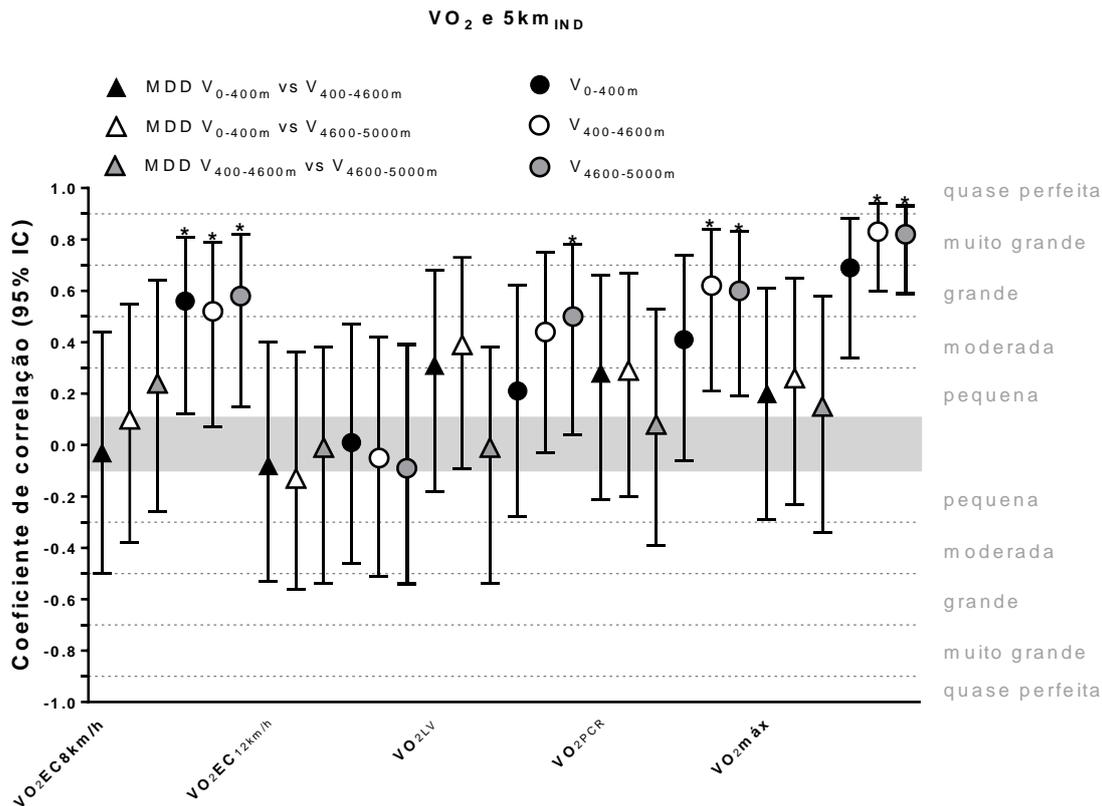


Figura 8. Correlação e intervalo de confiança 95% (IC 95%) entre magnitude de mudança através da mínima diferença detectável (MDD) e a *performance* do tempo de prova do simulado individual de 5 km (5km_{IND}), na V_{0-400} , $V_{400-4600}$, $V_{4600-5000}$, e a variável fisiológica consumo de oxigênio (VO₂) obtido durante a economia de corrida 8 km/h (VO_{2EC8km/h}), 12 km/h (VO_{2EC12km/h}), limiar ventilatório (VO_{2LV}), ponto de compensação respiratório (VO_{2PCR}) e máximo (VO_{2máx}). A área cinza representa o limiar de correlação trivial, enquanto que as linhas pontilhadas representam os limiares de correlação pequena, moderada, grande, muito grande e quase perfeita. O triângulo escuro representa a MDD V_{0-400} vs $V_{400-4600}$. O triângulo branco representa a MDD $V_{400-4600}$ vs $V_{4600-5000}$. O triângulo cinza representa a MDD V_{0-400} vs $V_{4600-5000}$. O círculo escuro representa a *performance* durante a V_{0-400} . O círculo branco representa a *performance* durante a $V_{400-4600}$. O círculo cinza representa a *performance* durante a $V_{4600-5000}$. * $P \leq 0.05$.

A análise de variância das velocidades do 5km_{COL} apresenta média de efeito principal significativo com tamanho de efeito grande ($F_{1.269,21.577} = 4,430$; $P < 0,039$; $\eta^2_p = 0,207$), com diferença significativa entre V_{0-400m} para $V_{400-4600m}$ e tamanho de efeito moderado (Figura 9A). Foi observada a magnitude de mudança entre a V_{0-400m} para $V_{400-4600m}$ através dos limiares de mudança da MDD, sendo apresentada magnitude de mudança trivial para 3 corredores, magnitude de mudanças pequena para 6 corredores, magnitude de mudança moderada para 7 corredores e magnitude de mudança grande para 2 corredores (Figura 9B). Enquanto que durante a $V_{400-4600m}$ para $V_{4600-5000m}$ foram observadas magnitude de mudança trivial para 1 corredor, magnitude de

mudança pequena para 5 corredores, magnitude de mudança moderada para 8 corredores e magnitude de mudança grande para 4 corredores (Figura 9C). Estas magnitudes de mudanças também foram observadas entre a V_{0-400m} para $V_{4600-5000m}$ correspondendo a mudança trivial para 4 corredores, mudança pequena para 3 corredores, mudança moderada para 8 corredores e mudança grande para 3 (Figura 9D).

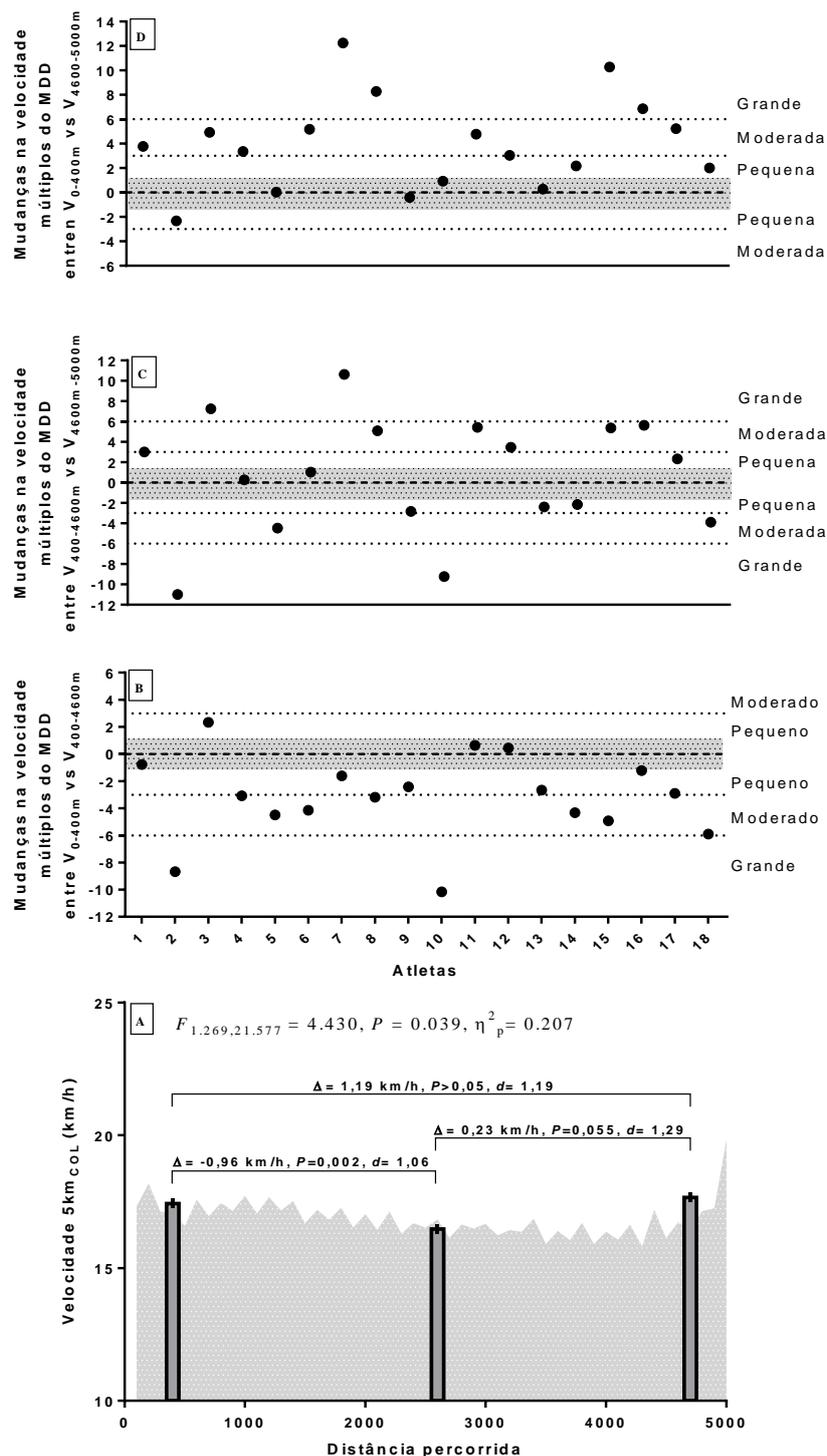


Figura 9. (A) a área cinza representa a velocidade média obtida em quilômetros por hora (km/h) durante o tempo de prova do simulado coletivo de 5 km (5km_{COL}). As barras cinzas escuras representam a V_{0-400m}, V_{400-4600m}, V_{4600-5000m}. (B) representa a magnitude de mudança na velocidade entre a V_{0-400m} e V_{400-4600m}. A área cinza representa a mudança trivial. A linha pontilhada é o limiar de mudança pequena, moderada e grande. A linha tracejada não representa mudanças. O círculo escuro representa cada atleta. (C) representa a magnitude de mudança na velocidade entre a V_{400-4600m} e V_{4600-5000m}. A área cinza representa a mudança trivial. A linha pontilhada é o limiar de mudança pequena, moderada e grande. A linha tracejada

não representa mudanças. O círculo escuro representa cada atleta. (D) representa a magnitude de mudança na velocidade entre a V_{0-400m} e $V_{4600-5000m}$. A área cinza representa a mudança trivial. A linha pontilhada é o limiar de mudança pequena, moderada e grande. A linha tracejada não representa mudanças. O círculo escuro representa cada atleta.

A relação entre as variáveis de VO_2 obtidas em teste de laboratório, a magnitude de mudança durante o $5km_{COL}$ e a *performance* durante a V_{0-400m} , $V_{400-4600m}$ e $V_{4600-5000m}$ está apresentada na Figura 10. Sendo que durante a V_{0-400m} foi observada correlação significativa com o $VO_{2EC_{8km/h}}$ ($r= 0,58$, $IC95\%= 0,16-0,83$, $r^2= 0,34$, $P= 0,01$), VO_{2LV} ($r= 0,50$, $IC95\%= 0,04-0,78$, $r^2= 0,25$, $P= 0,03$), VO_{2PCR} ($r= 0,57$, $IC95\%= 0,15-0,82$, $r^2= 0,33$, $P= 0,01$) e $VO_{2máx}$ ($r= 0,77$, $IC95\%= 0,47-0,91$, $r^2= 0,59$, $P= 0,002$), enquanto que durante a $V_{400-4600m}$ apresentou correlação significativa com o $VO_{2EC_{8km/h}}$ ($r= 0,54$, $IC95\%= 0,10-0,80$, $r^2= 0,29$, $P= 0,02$), VO_{2LV} ($r= 0,47$, $IC95\%= 0,00-0,77$, $r^2= 0,22$, $P= 0,04$), VO_{2PCR} ($r= 0,52$, $IC95\%= 0,07-0,80$, $r^2= 0,27$, $P= 0,02$) e $VO_{2máx}$ ($r= 0,71$, $IC95\%= 0,37-0,88$, $r^2= 0,50$, $P= 0,009$). Não foi observada correlação significativa entre a $V_{4600-5000m}$, as magnitudes de mudança do $5km_{COL}$ e o VO_2 obtido em teste de laboratório (Figura 10).

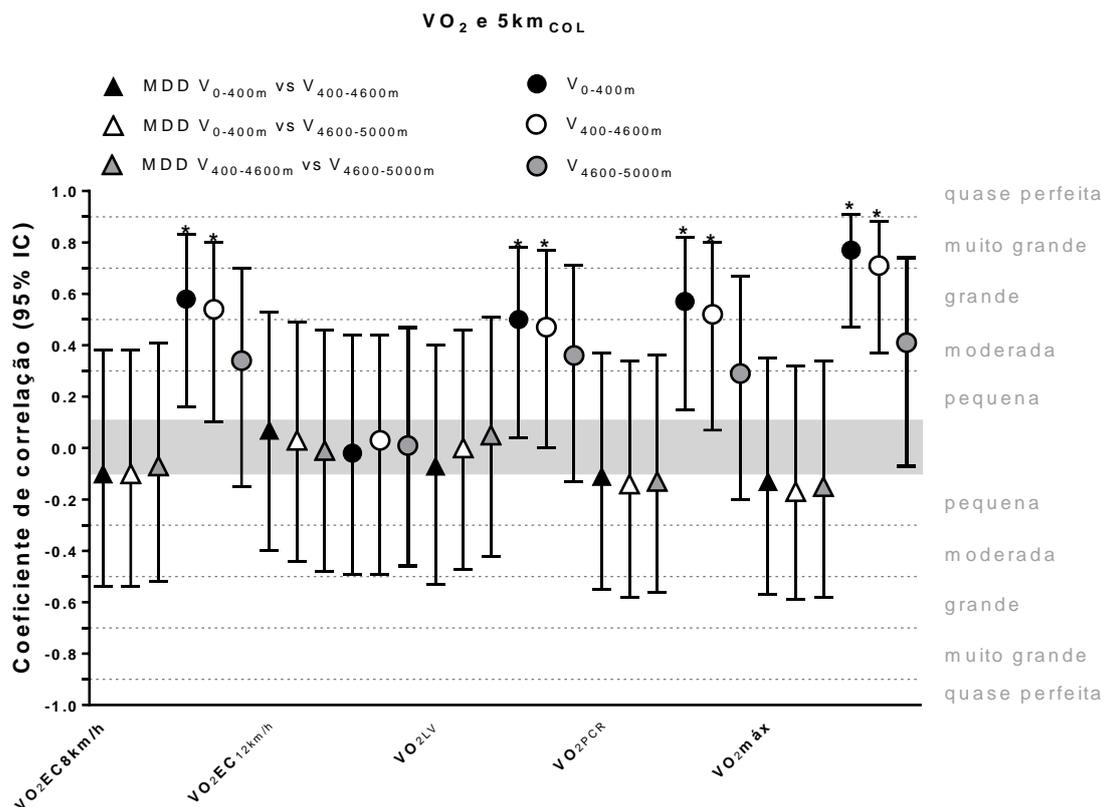


Figura 10. Correlação e intervalo de confiança 95% (IC 95%) entre magnitude de mudança através da mínima diferença detectável (MDD) e a *performance* do tempo de prova do simulado coletivo de 5 km (5km_{COL}), na V₀₋₄₀₀, V₄₀₀₋₄₆₀₀, V₄₆₀₀₋₅₀₀₀, e a variável fisiológica consumo de oxigênio (VO₂) obtido durante a economia de corrida 8 km/h (VO₂EC_{8km/h}), 12 km/h (VO₂EC_{12km/h}), limiar ventilatório (VO₂LV), ponto de compensação respiratória (VO₂PCR) e máximo (VO₂máx). A área cinza representa o limiar de correlação trivial, enquanto que as linhas pontilhadas representam os limiares de correlação pequena, moderada, grande, muito grande e quase perfeita. O triângulo escuro representa a MDD V₀₋₄₀₀ vs V₄₀₀₋₄₆₀₀. O triângulo branco representa a MDD V₄₀₀₋₄₆₀₀ vs V₄₆₀₀₋₅₀₀₀. O triângulo cinza representa a MDD V₀₋₄₀₀ vs V₄₆₀₀₋₅₀₀₀. O círculo escuro representa a *performance* durante a V₀₋₄₀₀. O círculo branco representa a *performance* durante a V₄₀₀₋₄₆₀₀. O círculo cinza representa a *performance* durante a V₄₆₀₀₋₅₀₀₀. *P ≤ 0.05.

Não foi encontrada média de efeito significativo ($F_{103.545;6.091} = 2.149$; $P = 0.053$; $\eta^2_p = 0,112$) na *performance* entre o 5km_{IND} e 5km_{COL}, apesar do tamanho de efeito médio e 16 momentos de diferenças significativas ($P < 0,05$) na velocidade média da distância percorrida (Figura 11).

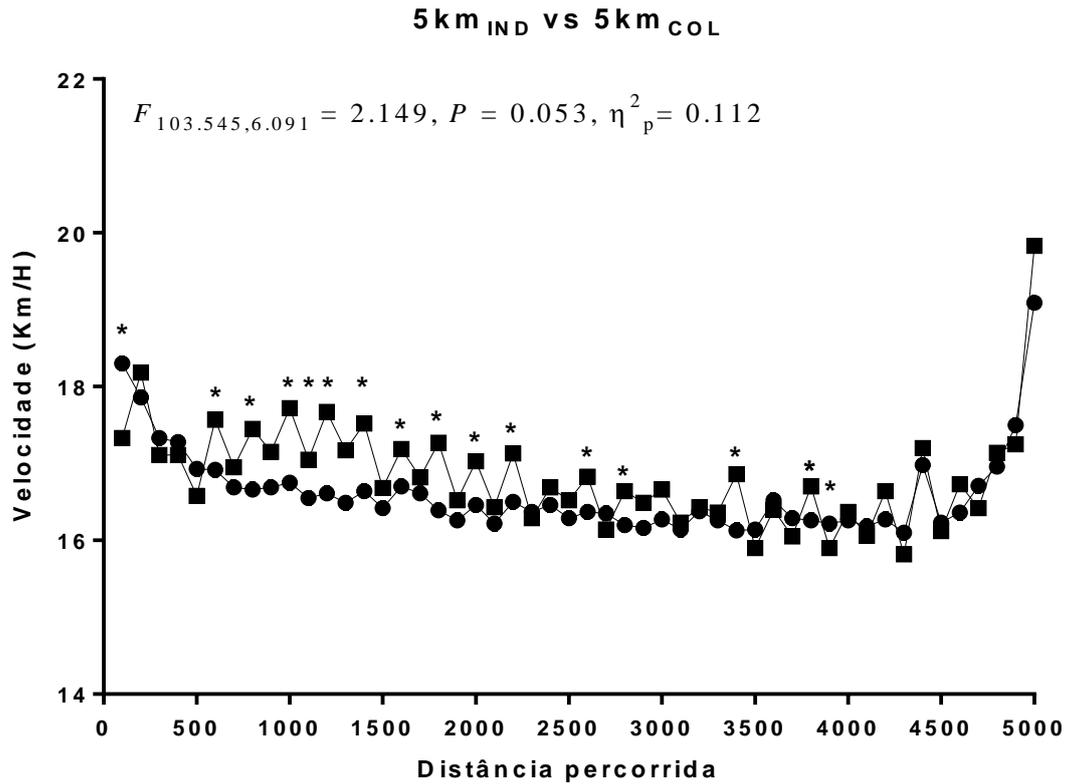


Figura 11. Diferença entre a velocidade média obtida em quilômetros por hora (km/h) durante o tempo de prova do simulado individual de 5 km (5km_{IND}) e coletivo (5km_{COL}). O círculo escuro representa a velocidade média do 5km_{IND}. O quadrado escuro representa a velocidade média do 5km_{COL}. * $P \leq 0,05$.

Foi observada diferença significativa na concentração de lactato sanguíneo após o 5km_{COL} quando comparado com o 5km_{IND} (figura 12). Sendo a diferença absoluta de 0,19 mmol/L do momento pré e 0,55 mmol/L do momento pós, representando uma diferença percentual de 6,59% maior no 5km_{COL} (tabela 3).

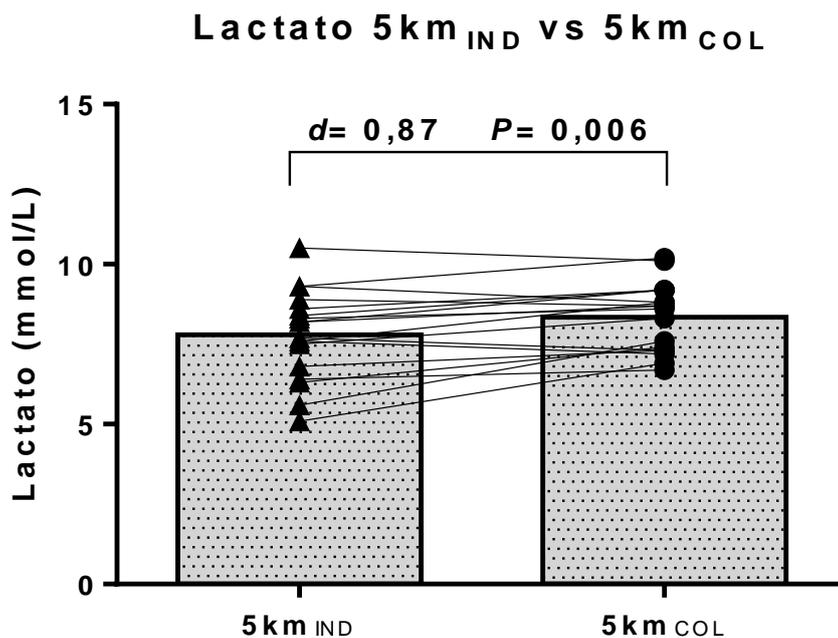


Figura 12. Diferença entre lactato mensurado após o tempo de prova do simulado individual de 5 km (5km_{IND}) e coletivo (5km_{COL}). O triângulo escuro representa o lactato após o 5km_{IND}. O círculo escuro representa o lactato após o 5km_{COL}. A barra cinza pontilhada representa a média do lactato mensurado após o 5km_{IND} e o 5km_{COL}.

Tabela 3. Diferença absoluta e percentual do lactato sanguíneo pré e pós tempo de simulado individual e coletivo.

	Lac Pré	Δ Absoluto	Δ %	Lac Pós	Δ Absoluto	Δ %
5km_{IND}	1,71 \pm 0,45	0,19	9,98	7,79 \pm 1,37	0,55	6,59
5km_{COL}	1,93 \pm 0,48			8,34 \pm 1,06		

Notas: 5km_{IND} = o tempo de prova do simulado individual de 5 km, 5km_{COL} = o tempo de prova do simulado coletivo de 5 km, lac = lactato sanguíneo Δ = delta, Δ % = delta percentual.

5 Discussão

Os principais achados do estudo foram: i) Velocidade média 5km_{IND} e 5km_{COL} acima do vVO_{2PCR}; ii) Correlação moderada a grande entre VO_{2EC8km/h}, VO_{2PCR}, VO_{2máx}, e os índices da VFC SDNN, RMSSD, LF, HF, SD1 e SD2; iii) Diferença significativa entre a V_{0-400m} para V_{400-4600m} e V_{400-4600m} para V_{4600-5000m}, durante o 5km_{IND}; iv) correlação significativa, de grande a muito grande, entre a *performance* na V_{0-400m}, V_{400-4600m} e V_{4600-5000m} durante o 5km_{IND} com o VO_{2EC8km/h}, VO_{2LV}, VO_{2PCR} e VO_{2máx}; v) Diferença significativa entre a V_{0-400m} para V_{400-4600m} durante o 5km_{COL}; vi) Correlação significativa de moderada a muito grande entre a V_{0-400m} e V_{400-4600m} com o VO_{2EC8km/h}, VO_{2LV}, VO_{2PCR} e VO_{2máx}.

A relação entre o VO_{2máx} e os índices da VFC corroboram os achados de Buchheit et al. (2006) que observaram relação significativa com índices da VFC e capacidade cardiorrespiratória de indivíduos adultos de meia idade. Além da correlação com o VO_{2máx}, foi observada relação entre as variáveis de VO_{2EC8km/h}, VO_{2PCR} e as variáveis de VFC SDNN, RMSSD, LF, HF, SD1 e SD2. Apesar de Bosquet et al. (2007) não terem encontrado diferença significativa entre os valores de VFC de corredores recreacionais com baixa ou alta aptidão cardiorrespiratória, os dados do presente estudo sugerem que indivíduos, bem treinados competitivamente, com maior VO₂ tendem a ter melhor modulação autonômica nas variáveis de VFC, tanto quando mensurado em menor intensidade VO_{2EC8km/h} RMSSD (r=0,57), HF (r= 0,62), SD1 (r= 0,38) (figura 4), quanto em maiores intensidade VO_{2PCR} pelas variáveis, LF (r=0,61) e SD2 (r= 0,50) e VO_{2máx} pelas variáveis SDNN (r= 0,66), RMSSD (=0,62), LF (r= 0,58), SD1 (r= 0,62) e SD2 (r= 0,61). Possivelmente, a não diferença encontrada nos valores de modulação autonômica de Bosquet et al. (2007) foi devido a durante a gravação dos iR-R a respiração dos sujeitos ter sido controlada por metrônomo, enquanto que a do presente estudo se manteve espontânea. Além disso, a divergência de informações entre os resultados podem estar associados ao período de treinamento que os indivíduos se encontravam, pois períodos de menor intensidade de treinamento tendem a aumentar os índices de VFC, enquanto que períodos de maior intensidade tendem a diminuir os índices de VFC (BUCHHEIT, 2014).

Os indivíduos do presente estudo apresentaram uma velocidade média de 92% da $vVO_{2máx}$, tanto durante o 5km_{IND} quando durante o 5km_{COL}, sendo valores abaixo observado na literatura para corredores de elite, que sustentam a intensidade entre 97 a 98% do $VO_{2máx}$ (LARSEN & SHEEL, 2015). No entanto, de acordo com De Pauw et al. (2013), participaram do presente estudo corredores altamente treinados competitivamente, variando entre treinados competitivamente ($VO_{2máx} > 55$ ml/kg/min) e altamente treinados competitivamente ($VO_{2máx} > 71$ ml/kg/min). Os resultados sugerem que indivíduos altamente treinados competitivamente, mantêm a velocidade média durante o 5km_{IND} e o 5km_{COL} próxima da vVO_{2PCR} . Tomazini et al. (2015) observaram que a velocidade média, em indivíduos treinados competitivamente, durante um simulado de 3000m se manteve próxima a vVO_{2PCR} , sendo o mesmo comportamento observado por Bertuzzi et al. (2014) em indivíduos fisicamente ativos, que se mantiveram durante o tempo de prova de 10000m. Portanto, sugere-se que quanto maior o VO_2 do indivíduo, maior será a capacidade de sustentar altas intensidades durante situações de simulações competitivas com ou sem a presença de outro competidor.

Durante os 5km_{IND} e 5km_{COL} utilizou-se a estratégia em “U”, sendo concordante com os dados encontrados na literatura de que em ambas as condições a estratégia em U é comumente utilizada (TOMAZINI et al. 2015, BERTUZZI et al., 2014, DIMAKOPOULOU et al., 2018). A característica dessa estratégia foi inicialmente utilizada por todos os indivíduos em ambas as condições, em que tiveram redução da V_{0-400m} para a $V_{400-4600m}$ de 1,27 km/h e 0,96 km/h, respectivamente, durante 5km_{IND} e 5km_{COL}. Esse comportamento da V_{0-400m} para a $V_{400-4600m}$ vai de encontro com os achados Bertuzzi et al. (2014) e Tomazini et al. (2015), onde foi observada redução na velocidade do momento inicial para o período intermediário. A possível explicação para essa redução de *performance* durante o período intermediário de uma prova e/ou competição, em modalidade de *endurance*, é diminuição do pH intramuscular que poderia induzir a fadiga periférica. Segundo Noakes et al. (2005) a alteração da velocidade durante a estratégia de corrida, seria decorrente de um feedback de diferentes sistemas fisiológicos para manter uma homeostase durante a atividade. Tal resposta induziria a uma redução do recrutamento de

unidades motoras pelo governador central, devido a interação de vários órgãos, ocasionando a fadiga como primeiro sintoma e conseqüentemente a redução da velocidade durante a atividade.

Tucker et al. (2006) observaram que essa redução de *performance* nos momentos intermediários das competições é comum entre atletas de *endurance* de nível mundial, e que essa redução é uma resposta antecipatória de reserva fisiológica mediada pela teoria do governador central. No entanto, Heitinga et al. (2006) observaram que em diferentes estratégias impostas nos momentos iniciais em prova de média distância, não necessariamente resultou em fadiga periférica, pois ocorreu um aumento do estímulo elétrico, mensurado pelo sinal eletromiográfico, nos músculos vasto lateral e bíceps femoral, enquanto que no músculo reto femoral não houve diferença na quantidade de sinal, contrariando a teoria do governador central sugerida por Noakes et al. (2005). Segundo Heitinga et al. (2006) os recursos energéticos parecem ter uma maior contribuição para a estratégia de corrida e contribuição da manutenção da intensidade. Os resultados do presente estudo apresentam maior contribuição metabólica após o 5km_{COL} quando comparado com o 5km_{IND} (figura 12), contribuindo com a afirmação de Heitinga et al. (2006). Possível explicação para maior contribuição metabólica, mensurado através do lactato sanguíneo, se deve a constante manutenção da intensidade durante o 5km_{COL} (figura 11) gerando assim esse aumento da concentração de lactato sanguíneo (LOURENÇO et al., 2007)

Segundo Larsen & Sheel (2015) sustentar maiores valores de VO_2 durante a competição tem sido uma estimativa de *performance* de *endurance*. Concordando a relação encontrada entre o $VO_{2EC_{8km/h}}$, VO_{2LV} , VO_{2PCR} e $VO_{2máx}$ durante o 5km_{IND} e 5km_{COL}, demonstrando que maiores valores de VO_2 apresentaram significativa correlação positiva de moderada a muito grande com a V_{0-400m} , $V_{400-4600m}$ e $V_{4600-5000m}$ durante o 5km_{IND}, e a V_{0-400m} , $V_{400-4600m}$ durante o 5km_{COL}. Interessantemente, a $V_{4600-5000m}$ não apresentou diferença significativa entre o 5km_{IND} e 5 km_{COL}, no entanto, a maior diferença significativa ocorreu durante a $V_{400-4600m}$, sendo uma maior velocidade observada durante o 5km_{COL}. Esses resultados estão de acordo com os resultados observados por Tomazini et al. (2015) onde foi observado uma

velocidade inicial mais agressiva, caracterizado pelo aumento da intensidade durante a presença de um ou mais competidores, em teste específico da modalidade.

O presente estudo teve como limitação a ausência de um GPS durante o 5km_{IND} e o 5km_{COL}, para que pudéssemos obter informações de amplitude e frequência da passada, e velocidade durante todo o percurso através de um sistema de gravação das informações, ao invés de ter sido manualmente anotado a *performance* durante os mesmos.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que as variáveis de VFC SDNN, RMSSD, LF, HF, SD1 e SD2 são as que se correlacionam a *performance* em teste cardiopulmonar de indivíduos bem treinados competitivamente. Sendo, portanto, que quanto melhor o estado de modulação autonômica, possivelmente, a *performance* individual será otimizada nas variáveis fisiológicas de consumo de oxigênio (EC, PCR e VO₂máx), obtidas em ambiente controlado. Além disso, podemos entender que mesmo com a queda de *performance* da V_{0-400m} para a V₄₀₀₋₄₆₀₀, a capacidade de corredores bem treinados competitivamente se manterem em alta intensidade durante uma simulação real de competição é alta, e que na presença de outros competidores, a *performance* durante a V₄₀₀₋₄₆₀₀ se mantém elevada em alguns trechos. Possibilitando, com isso, auxiliar treinadores incorporarem sessões com a presença de atletas de níveis semelhantes, durante o período de treinamento, para que se possa simular situações semelhantes as que são encontradas durante a competição da modalidade de *endurance*.

Referência bibliográfica*

ABBISS, C. R.; LAURSEN, P. B. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. **Sports Med**, v. 38, n. 3, p. 239-252, 2008.

ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A. E. Heart rate monitoring: Applications and limitations. **Sports Med**, v. 33, n. 7, p. 517–538, 2003.

BERTUZZI, R. et al. Pacing strategy determinants during a 10-km running time trial: contributions of perceived effort, physiological, and muscular parameters. **J Strength Cond Res**. V. 28, n. 6, p. 1688-1696. 2014

BOSQUET, L.; GAMELIN, F. X.; BERTHOIN, S. Is aerobic endurance a determinant of cardiac autonomic regulation? **Eur J Appl Physiol**, v. 100, n. 3, p. 363–369, 2007.

BOSQUET, L. et al. Is heart rate a convenient tool to monitor overreaching? A systematic review of the literature. **Br J Sports Med**, v. 42, n. 9, p. 709–714, 2008.

BOURDON et al. Monitoring athletes training loads: consensus Statement. **Int J sports physiol perform**. v. 12, n. Suppl. 2. P. S2161-S2170.

BRENNAN, M.; PALANISWAMI, M.; KAMEN, P. Do existing measures of Poincaré plot geometry reflect nonlinear features of heart rate variability? **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 48, n. 11, p. 1342–1347, 2001.

BUCHHEIT, M. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. **AJP: Heart and Circulatory Physiology**, v. 291, n. 1, p. H451–H458, 2006.

* Baseado na norma NBR 6023, de 2002, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

BUCHHEIT, M. et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. **Eur J Appl Physiol**, v. 108, n. 6, p. 1153–1167, 2010.

BUCHHEIT, M. Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? **Frontiers in Physiology**, v. 5 FEB, n. February, p. 1–19, 2014.

BUCHHEIT, M. The Numbers Will Love You Back in Return — I Promise. **Int J Sports Physiol & Perform**, v. 11, n. 4, p. 551–554, 2016.

DE PAUW, K. et al. Guidelines to classify subject groups in sport-science research. **Int J Sports Physiol & Perform**, v. 8, p. 111–122, 2013.

DIMAKOPOULOU, E.; ZACHAROGIANNIS, E.; CHAIROPOULOU, C.; KALOUPSIS, S.; PLATANOU, T. The effect of pacing strategy on physiological, kinetic and performance variables during simulated rowing ergometer. **J Sports Med Phys Fitness**. V. 58, n. 7-8, p. 1006-1013. 2018.

DONG, J. The role of heart rate variability in sports physiology. **Exp Therap Med**. V. 11, p. 1531-1536. 2016

FLATT, A. A. Andrew Flatt explains how to use HRV information. **Strength & Conditioning Research**, 2015. Disponível em: <http://www.strengthandconditioningresearch.com/2014/11/18/andrew-flatt-hrv/>

GAMELIN, F. X.; BERTHOIN, S.; BOSQUET, L. Validity of the polar S810 Heart rate monitor to measure R-R intervals at rest. **Med Sci Sports Exerc**, v. 38, n. 5, p. 887–893, 2006.

GILES, D.; DRAPER, N.; NEIL, W. Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. **Eur J Appl Physiol**, v. 116, n. 3, p. 563–571, 2016.

GRANT, S. et al. The relationship between 3 km running performance and selected physiological variables. **J Sports Sci**, v. 15, n. 4, p. 403–410, 1997.

HAUTALA, A. J. et al. Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, v. 285, n. 4, p. H1747–H1752, 2003.

HEITTINGA, F. J.; KONING, J. J.; BROERSEN, F. T.; GEFFEN, P. V.; FOSTER, C. Pacing strategy and the occurrence of fatigue in 4000-m cycling time trials. **Med Sci Sports Exerc**. V. 38, n. 8, p. 1484-1491. 2006.

HOPKINS, W. G. et al. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 1, p. 3–12, 2009.

KARIM, N.; HASAN, J. A.; ALI, S. S. Heart rate variability - A review. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 7, n. 1, p. 71–77, 2011.

KIVINIEMI, A.M., Hautala, A.J., Kinnunen, H., Tulppo, M.P. Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. **Eur J Appl Physiol**, v. 101, n. 6, p. 743-51, 2007.

LARSEN, H. B.; SHEEL, A. W. The Kenyan runners. **Scand J Med Sci Sports**, v. 25, p. 110–118, 2015.

LOURENÇO, T. F.; TESSUTTI, L. S.; MARTINS, L. E. B.; BREZIKOFER, R.; MACEDO D. V. Interpretação metabólica dos parâmetros ventilatórios obtidos durante um teste de esforço máximo e sua aplicabilidade no esporte. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, v. 9, n. 3, p. 310-317, 2007.

MCLAUGHLIN, J. E.; HOWLEY, E. T.; BASSETT JR., D. R.; THOMPSON, D. L.; FITZHUGH, E. Test of the classic model for predicting endurance running performance. **Med Sci Sports Exerc**. V. 42, n. 5, p. 991-997. 2010.

NAKAMURA, F. Y. et al. Monitoring weekly heart rate variability in futsal players during the preseason: the importance of maintaining high vagal activity. **J Sports Sci**, n. Abril, p. 1–7, 2016.

NOAKES, T. D.; GIBSON, A. St. C.; LAMBERT, E. V. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans: summary and conclusions. **Br J Sports Med**. V. 39, p. 120-124. 2005.

NUUTTILA, O. et al. Effect of HRV-Guided vs. Predetermined Block Training on Performance, HRV and Serum Hormones. **Int J Sports Med**. 2017.

PYNE, D. B. et al. Evaluation of the Lactate Pro blood lactate analyser. **Eur J Appl Physiol**, v. 82, n. 1–2, p. 112–116, 2000.

RAMSBOTTOM, R. et al. Determinants of five kilometers running performance in active men and women. **Br J sports Med**. V. 21, n. 2, p. 9-13, 1987.

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

SASSI, R. et al. Advances in heart rate variability signal analysis: Joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society. **Europace**, v. 17, n. 9, p. 1341–1353, 2015.

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

Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. **Heart rate variability. Standards of**

measurement, physiological interpretation, and clinical use. Eur Heart J, volume 17, number 3, p. 354–381, 1996.

TOMAZINI, F. et al. Head-to-head running race simulation alters pacing strategy, performance, and mood state. **Physiology and Behavior**, v. 149, p. 39–44, 2015.

TUCKER, R.; LAMBERT, M. I.; NOAKES, T. D. An analysis of pacing strategies during men's world record performance in track athletics. Int J Sports Physiol Perform. V. 1, p. 233-245. 2006.

VESTERINEN, V. et al. Individual Endurance Training Prescription with Heart Rate Variability. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 7, p. 1347–1354, 2016.

VESTERINEN, V. et al. Predictors of individual adaptation to high-volume or high-intensity endurance training in recreational endurance runners. **Scand J Med Sci sports**, v. 26, n. 8, p. 885–893, 2016.

ANEXO 1

UNIVERSIDADE
BANDEIRANTE ANHANGUERA-



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM REPOUSO E EXERCÍCIO DURANTE TREINAMENTO FÍSICO SISTEMATIZADO

Pesquisador: Tiago Volpi Braz

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 38970114.9.0000.5493

Instituição Proponente: ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL AMERICANENSE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 950.277

Data da Relatoria: 08/02/2015

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Em caso de dúvidas, entre em contato com o CEP pelo telefone (11) 2967 9015 ou pelo email comissao.cep@ig.com.br

Endereço: Rua Maria Cândida, 1813, 6o andar.

Bairro: Vila Guilherme

CEP: 02.071-013

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)2967-9015

Fax: (11)2967-9083

E-mail: comissao.cep@ig.com.br